Die Wunder des Himmels,

oder

gemeinfaßliche Darstellung

des

Weltsystems.

Von

J. J. Littrow,

Director der k. k. Sternwarte in Wien.

Mit Königl. Würtembergischem Privilegium.

Drei Bände.

Mit dem Bildnisse des Verfassers und astronomischen Tafeln.

Erster Theil: Theorische Astronomie.

Stuttgart,

Carl Hoffmann.

1834.

J. J. Littrow

Theorische Astronomie

oder

allgemeine Erscheinungen

des

Himmels.

Von

J. J. Littrow,

Director der k. k. Sternwarte in Wien.

Mit dem Bildnisse des Verfassers und astronomischen Tafeln.

Stuttgart,

Carl Hoffmann.

1834.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Die

Wunder des Himmels.

Vorrede.

Da der Versuche, die vorzüglichsten Lehren der Astronomie gemeinfaßlich darzustellen, selbst in den letzten Jahren mehrere, und unter ihnen manche glückliche gemacht worden sind, so schien es mir gewagt, den wiederholten Aufforderungen freundschaftlicher Leser nachzukommen, und jene Versuche noch mit einem neuen zu vermehren. Ich fügte mich endlich ihrem Wunsche, noch eh' ich selbst darüber einig war, auf welche Weise ich ihn am besten erfüllen sollte. Waren doch, wie es sich nur zu bald zeigte, sie selbst noch nicht darüber eins geworden. Die einen zogen eine ganz populäre, und durchaus keine anderen Kenntnisse voraussetzende Darstellung als die geeignetste für einen großen Kreis von

Lesern vor. Da aber eine solche mehrere der interessantesten Gegenstände nur an ihrer Oberfläche, und manche gar nicht berühren durfte, so glaubten die Anderen, einen tiefer eindringenden, und mehr für bereits vorgebildete Leser geeigneten Vortrag vorziehen zu müssen. Dadurch würde aber das Ganze dem bei weitem größten Theile der Leser weniger zugängig geworden seyn, und zwar eben jenem Theile, für welchen Schriften dieser Art vorzüglich bestimmt zu werden pflegen. Zwischen jenen beiden Parteien erhob sich eine dritte, die den jetzt zu einer Art von Mode gewordenen Wahlspruch des juste milieu auch hier geltend machen wollte, in der Erwartung, dadurch jene beiden Klassen von Lesern am besten zu befriedigen.

Wir wurden bald einig, der letzten Art der Darstellung den Vorzug vor den übrigen einzuräumen, aber wir waren und sind es noch nicht über die Mittel, diesen schönen, jedoch gewiß auch schweren Zweck zu erreichen.

Bei einer näheren Untersuchung wurde nämlich die nicht erfreuliche Entdeckung gemacht, daß beinahe alle die Vorschläge, welche beiden Theilen zugleich genügen sollten, oft noch mehr geeignet waren, es mit beiden zu verderben. Auch fehlte es nicht an Beispielen und verunglückten Versuchen aller Art, die, mich wenigstens, nicht aufmuntern konnten, denselben gefahrvollen Weg zu betreten.

Und doch war er so lockend, dieser Weg, und selbst die Schwierigkeiten, die er darbot, gaben ihm, wenigstens für alle diejenigen noch neue Reize, die nur einigermaßen hoffen durften, sie auch glücklich zu besiegen.

Allein zu diesen Letztern konnte ich nicht gehören, und was Andere anzog, mußte mich nur zurückhalten. Ich habe nun, unter den Malern meines Vaterlandes, lange genug den Pinsel geführt und Farben verbraucht, um wenigstens am Ende zu lernen, was man freilich besser schon gleich anfangs wissen sollte: seine eigenen Kräfte nicht zu überschätzen.

Bei dieser Ansicht, bei dieser Ueberzeugung dürfte ich sagen, glaubte ich am besten zu thun, wenn ich die ganze Unternehmung zurückwiese, und sie besseren Händen überließe.

Indeß, so sehr ich auch darauf bestand, die gefällig drängenden Freunde dachten anders. Aus einigen, vielleicht nicht ganz mißlungenen Versuchen, die ich in jüngeren Jahren, wo man so gern Leichtigkeit für Genie hält, in mehreren kleinen Aufsätzen gewagt hatte, glaubten sie auch jetzt noch, auch für das Größere noch, einen günstigen Erfolg hoffen zu dürfen.

Ich versuchte es also, ihnen einen der Pläne vorzulegen, die ich während unserer früheren Discussionen entworfen hatte, und den ich, wenigstens in Beziehung auf meine Kräfte, als den ausführbarsten betrachtete. Er fand ihren Beifall. Wird er aber

auch den der Leser finden? Und wird die Ausführung selbst nicht allzuweit hinter dem Entwurfe zurückbleiben? — Das ist die Frage, die erst am Ende entschieden werden kann, und die ich, um sicher, oder vielmehr, um gar nicht zu gehen, lieber jetzt schon beantwortet wüßte.

Wenn es wahr ist, und wer zweifelt daran, daß die eigentliche Schönheit der Astronomie, die selbst unter denen, die sie nicht kennen, schon zu einer Art von Sprüchwort geworden ist, weder in einem gedankenlosen Anstaunen des Himmels, noch in einer trockenen, chronikenmäßigen Aufzählung seiner Wunder, sondern daß sie in dem Nachdenken über diese Wunder besteht, so kann es wohl auch eben so wenig bezweifelt werden, daß jede Darstellung dieser Wissenschaft auch ihre Richtung gegen dieses Nachdenken nehmen muß, wenn sie anders nicht ihren Zweck verfehlen, und, was ihrer ganz unwürdig wäre, in eine bloße, leere Unterhaltung zur beliebigen Zeitverkürzung für müßige Leute ausarten soll. Die Langeweile zu tödten, gibt es andere Mittel, und ein astronomisches Noth- und Hilfsbuch zu diesem Zwecke schreiben, möchte ich nicht, wenn ich es auch könnte.

Auf der andern Seite aber, welches Recht hat der Verfasser einer Schrift, die er selbst eine „gemeinfaßliche“ zu nennen beliebt, höhere mathematische Vorkenntnisse vorauszusetzen, die der größere Theil der Leser nicht besitzt, oder wohl gar seinen Vortrag mit algebraischen Formeln, wie er glaubt, auszuschmücken,

die den Augen der Meisten ein Gräuel sind, und deren bloßer Anblick sie schon mit Entsetzen vor dem ganzen Buche erfüllt?

Beide Klippen zu vermeiden, habe ich einen, so viel ich weiß, noch nicht betretenen Mittelweg eingeschlagen. Die gegenwärtige Schrift nämlich zerfällt in zwei, nicht bloß ihrem Inhalte, sondern auch ihrer Darstellung nach, wesentlich verschiedene Theile, denen leicht, wenn jene nicht mißfallen, ein dritter folgen dürfte, der die vorzüglichsten und interessantesten Momente der Geschichte der Astronomie enthalten soll. Der erste ist nämlich, ohne sich von dem beiden gemeinschaftlichen Hauptzwecke der Gemeinfaßlichkeit zu entfernen, vorzugsweise mehr didactischer Art, und der andere, auf den jener gleichsam vorbereiten soll, ist, wenn ich das Wort hier brauchen darf, auf Unterhaltung berechnet, auf Unterhaltung höherer Art meine ich, an der nur die eigentlich Unterhaltsamen, aber diese, wie ich wünsche und hoffe, gern und willig Theil nehmen werden. Sie werden, ich glaube es mit einiger Zuversicht auf den Stoff, wenn auch nicht auf die Behandlung desselben, sagen zu können, für die kleine Mühe, welche ihnen der erste Theil verursachen könnte, durch den zweiten reichlich entschädigt werden. Diesen Zweck noch mehr zu erreichen, und selbst den ersten Theil dem größtmöglichen Kreise von Lesern zugängig zu machen, habe ich ihm eine Einleitung vorausgeschickt, in welcher ich mich nicht nur über diese Anordnung des ganzen Werkes umständlicher äußerte, sondern in welcher ich zugleich das Vorzüglichste über die ersten und nothwendigsten Vorkenntnisse und

die eigentliche Kunstsprache der Astronomie kurz zusammen zu stellen strebte. Ich suchte dadurch die Uebersicht des Ganzen zu erleichtern, Deutlichkeit und allgemeine Verständlichkeit zu befördern, und endlich in dem Werke selbst Wiederholungen und Circumlocutionen aller Art, zu welchen ich außerdem gezwungen gewesen wäre, zu vermeiden; und ich ersuche daher jene Leser, die alle Vorreden zu überschlagen pflegen, wenigstens diese Einleitung näher anzusehen. Daß es mich freuen würde, ihnen recht viele angenehme, und zugleich nützliche Stunden verschafft zu haben, darf ich sie gewiß nicht erst versichern.

Wien, den 19. März 1834.

Der Verfasser.

Einleitung.

Unter allen Wissenschaften, die der menschliche Geist seit den ältesten Zeiten, zu seiner eigenen Vervollkommnung, auszubilden suchte, ist wohl die Astronomie diejenige, welche die längste Kette von großen und wichtigen Entdeckungen darbietet. Es ist ohne Zweifel sehr weit von dem ersten, gedankenlosen Anschauen des Himmels bis zu jenem Blicke, mit welchem wir jetzt alle die mannigfaltigen Gegenstände desselben umfassen, und nicht nur die Erscheinungen längst vergangener Jahrhunderte, sondern auch diejenigen, welche die Folgezeit erst unseren späten Enkeln entwickeln wird, mit einer Sicherheit bestimmen können, deren sich wohl nur wenige unserer sogenannten menschlichen Wahrheiten zu erfreuen haben mögen.

Es kann für jeden, dem die Ehre seines eigenen Geschlechtes theuer ist, nicht anders als höchst interessant seyn, zu erfahren, auf welchem Wege man zu diesen Kenntnissen gelangt ist. Die Bemühungen so vieler vorhergegangenen Jahrhunderte, und die Vereinigung der vorzüglichsten Männer aller gebildeten Nationen wurde erfordert, um die Astronomie auf diejenige Stufe ihrer Vollendung zu erheben, auf welcher sie jetzt den Gegenstand unserer Bewunderung, und wie man sagt, den Stolz des menschlichen Geistes macht.

Wie man sagt, und wie man vielleicht nicht sagen sollte. Denn so hoch auch das Ziel stehen mag, welches er zu erreichen strebte, und auch in der That, großentheils wenigstens, erreicht hat — der Weg, welcher ihn dazu führte, und die Art, wie er

ihn zurücklegte, scheint mehr geeignet, uns mit bescheidener Demuth, als mit Stolz, zu erfüllen, und uns, indem wir das Wenige, was uns nach so vieler Mühe von den großen Werken der Natur zu wissen gegönnt ist, dankbar hinnehmen, durch diesen unseren sogenannten Reichthum selbst an unsere Armuth und an das Gefühl der Ohnmacht zu erinnern, welches der gewöhnliche Begleiter des Menschen auf seiner Bahn zur Wahrheit ist. Wir werden sehen, daß der menschliche Geist in dieser Wissenschaft in der That weiter, als in allen anderen, vorgedrungen ist, daß aber auch zugleich in keiner anderen das Verhältniß des Bekannten zu dem Unbekannten so klein ist, als in eben dieser, und daß überhaupt die schönsten und wichtigsten Entdeckungen, deren wir uns rühmen, nur durch Zufall und auf Abwegen gemacht wurden, auf welchen man, ganz andere Schätze suchend, und nicht findend, Jahrhunderte lang ohne Rath und Steuer herumgeirrt ist.

Beinahe die vollen vier ersten Jahrtausende unserer sogenannten Weltgeschichte verblieb die Astronomie in ihrer ersten, hilflosen Kindheit. Erst zwei Jahrhunderte vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung unternahm sie, in der Alexandrinischen Schule, unter dem Schutze der die Wissenschaften liebenden Ptolemäer, die ersten furchtsamen Schritte. Aber die darauf folgende Uebermacht der Römer, welche diese Wissenschaft nie cultivirten, und der gewaltsame Sturz ihres Reiches, der die ganze damals bekannte Welt erschütterte, begrub auch sie unter den Trümmern, die so lange Zeit nach jener Trauerepoche Kunst und Wissenschaft und Bildung jeder Art bedeckten. Gleichsam zum Ersatze, oder als eines jener sonderbaren Spiele der Natur, erhob sich, im siebenten Jahrhundert, ein Nomadenvolk der Wüste, ein Volk von Eroberern, die Araber, berühmt durch das kurze, aber weithin schimmernde Glück ihrer Waffen, und nicht minder groß durch den Schutz, dessen sich unter ihrer Aegide die Wissenschaften, und vorzüglich die Königin derselben, die Astronomie, erfreute. Aber wieder lagerte sich, mit dem Untergange dieses Heldenvolkes, eine tiefe Nacht der Barbarei über den Erdball. Unwissenheit und Aberglaube wurden das Losungswort der verwilderten Nationen. Allgemeine Entartung der Sitten, abentheuerliche und unmenschliche Kriege, und ihr gewöhnliches Gefolge, stumpfe Ermattung,

Mangel und Noth und verheerende Seuchen füllen die Blätter der nächstfolgenden Jahrhunderte unserer Menschengeschichte.

Endlich, fünfzehn hundert Jahre nach dem Anfange unserer Zeitrechnung, schien der Genius des so lange verlassenen Geschlechtes wieder aus seinem tiefen Schlafe zu erwachen. Ueber das in Blut getränkte, und mit den Ruinen der Barbarei bedeckte Europa schwang er zum zweitenmale seine Fackel, nachdem er sie in Asien und Afrika, wie es scheint, für immer gelöscht hatte, und beleuchtete mit ihren wohlthätigen Strahlen neue, der Cultur ganz ungewohnte, der bisherigen Menschengeschichte ganz unbekannte Gegenden. Von ihrem Lichte geleitet entdeckte Columbus die neue Welt, und Copernicus das neue Planetensystem. Mit beiden war die Epoche eines anderen und besseren geselligen und geistigen Lebens angebrochen. Schon war, aus dem Schooße Deutschlands, die wichtigste aller Erfindungen hervorgegangen, die uns die Erhaltung aller übrigen sichern, und jeden Rückfall in die frühere Barbarei unmöglich machen sollte, während in Italien, unter den Medicäern, die Schriften der Griechen und Römer wieder aus ihren Gräbern stiegen, und die schönen Künste, von dem belebenden Geiste der Alten angehaucht, in einer fröhlichen Blüthe standen.

Drei Jahrhunderte sind seitdem verflossen, glänzende, ruhmvolle Jahrhunderte für das Menschengeschlecht, und noch beben die Saiten, noch vernimmt das geistige Ohr die Schwingungen der, in jener Epoche der Wiedergeburt, angeregten, himmlischen Töne. Noch sind wir, so wünschen, so hoffen wir, im Fortschreiten begriffen, und zu breit, zu tief fließt der Strom der Erkenntniß vor unsern Blicken, als daß eine Dämmung desselben, durch Wiederkehr der alten feindlichen Mächte, in unseren Tagen wenigstens, befürchtet werden könnte.

Zwei Dinge sind es, sagt der unsterbliche Mann, der Deutschland zur philosophischen Schule Europas gemacht hat, zwei Dinge sind es, die vor allen andern würdig erscheinen, die Aufmerksamkeit des menschlichen Geistes zu fesseln, und die ihn mit immer neuer

Bewunderung erfüllen: das moralische Gesetz in uns, und der gestirnte Himmel über uns.

Jenes erste trägt jeder Mensch in seinem eigenen Busen, und es liegt ihm nahe genug, um hier keiner Erläuterung zu bedürfen. Das zweite aber — was ist es, das uns an ihm ergötzt, und das, auch noch so oft betrachtet, uns immer wieder zu ihm zurückzieht? Worin besteht eigentlich der so oft gerühmte, große Genuß, den der Anblick des gestirnten Himmels jedem gebildeten und gefühlvollen Menschen gewährt?

Der Anblick desselben allein kann es nicht seyn, so wenig als der Anblick einer großen, zur Nachtzeit von unzähligen Lampen beleuchteten Stadt, so wenig, als der eines endlosen Fackelzuges oder als jener des unermeßlichen Meeres. Die Einförmigkeit aller dieser Dinge, so groß sie auch an sich seyn mögen, wird uns bald ermüden, und auch das über uns ausgespannte Gewölbe des Himmels mit seinen Tausenden von Sternen würde uns nicht länger fesseln, als etwa das eines mit eben so vielen Lampen besetzten Doms, den wir das erstemal anstaunen, und an dem wir später vielleicht gleichgültig und gedankenlos vorübergehen.

Sollte es nicht eben diese Gedankenlosigkeit seyn, die den Anblick des gestirnten Himmels, der sich für den Gebildeten bei jeder folgenden Betrachtung mit immer neuen Reizen schmückt, für den Wilden nur zu einer höchst gleichgültigen Sache macht? Wie viele derselben gibt es, und nicht bloß in den Wäldern von Amerika und Neuholland, sondern auch in den Hauptstädten Europas, die die Sonne und den Mond und dieses zahllose Heer von Sternen täglich vor sich auf- und untergehen sehen, ohne sich auch nur ein einziges Mal zu fragen, woher sie kommen, und wohin sie gehen, und warum sie ewig in denselben Kreisen um sie ziehen.

Das Nachdenken über diese Gegenstände, und die nähere Betrachtung derselben mit unserem geistigen Auge, dieses muß es also seyn, das uns so mächtig an sie zieht, und das, weit entfernt, uns durch die Einförmigkeit des Anblicks zu ermüden, uns vielmehr immer neue, und immer größere Schönheiten dieser Gegenstände entdecken läßt.

Wir werden bald sehen, welche Gelegenheiten zu diesem Nachdenken uns die Astronomie beinahe auf allen ihren Blättern darbietet. Wie sollte sie auch nicht, da sie das Größte und Höchste enthält, was dem Menschen als Gegenstand seiner Forschung gegeben werden kann. Sie soll uns, nach dem Ausspruche jenes alten Weisen, lehren, „wie die Himmel die Ehre dessen erzählen, der sie gemacht hat." Welche schönere Genüsse, welche erhabenere Betrachtungen könnte selbst ein Seraph zu den seinigen wählen! Wenn es uns auch nicht vergönnt ist, mit dem Blicke dieser höheren Geister, bis in das Innere des Heiligthumes der Natur, bis dorthin zu dringen,

Où les confidens du Très-Haut, ces substances éternelles
Parent de ses feux et couvrent de ses ailes
Le trône, où leur Maître est assis parmi eux,

so wollen wir doch, so viel an uns ist, diesem hohen Ziele näher zu kommen, und unsern eigenen Geist durch die uns mögliche Erkenntniß jener Gegenstände zu erheben und zu veredeln suchen.

Ehe wir uns aber zu diesem Geschäfte anschicken, wird es nöthig seyn, uns zuerst von den Vorurtheilen zu befreien, die uns von unserer ersten Jugend an umgeben, und die reine Ansicht der großen Werke der Natur unmöglich machen. Und auch dazu wird uns diese Wissenschaft selbst die beste Gelegenheit geben. Denn beinahe alle ihre Lehren stehen im geraden Widerspruche mit den Meinungen der großen Menge, ja selbst mit den unmittelbaren Eindrücken unserer Sinne. So scheint uns die Erde, auf der wir stehen, so fest und wohlgegründet, daß sie in beinahe allen unsern Sprachen zum Symbol der Stetigkeit geworden ist, während sie doch mit allem, was in und auf ihr ist, selbst mit dem sie umgebenden Luftmeere, täglich, wie ein Kreisel, um ihre eigene Axe, und jährlich von einer unsichtbaren Hand um die Sonne mit einer Geschwindigkeit geführt wird, die weit vor jener voraus ist, welche wir den Körpern der Erde durch die Kraft des Pulvers oder der Dämpfe geben können. Der Mond und die Sonne erscheinen uns als kreisrunde Scheiben von nur mäßiger Größe und Entfernung; da doch jener über fünfzig Tausend, und diese über zwanzig Millionen d. Meilen von uns absteht, und überdieß diese unsere Erde selbst über anderthalb Millionenmal an körper-

licher Größe übertrifft. Jene Planeten, oft kaum bemerkbare Punkte des Himmels, sind Erden, ähnlich der unseren, von Tausenden von Geschöpfen bewohnt, und jene Sterne, schwache Lichtfunken, die, ihrer zahllosen Menge ungeachtet, kaum unsere Nächte spärlich erleuchten, sind eben so viele Sonnen-, Licht- und Lebensquellen für Myriaden von Planeten und Kometen, die sich alle, Einem großen Gesetze gehorchend, seit undenklichen Zeiten in nie gestörter Ordnung um jene Centralkörper bewegen. Diese unsere Erde selbst, unser Wohnort, unsere Wiege und unser Grab, diese ganze große Erde ist nur ein Punkt, den man vielleicht von den nächsten Hauptgliedern der Sonnen-Familie, von den übrigen Schwesterplaneten, nicht einmal bemerkt. So klein, so ganz verschwindend erscheint uns, von jenem höheren Standpunkte betrachtet, selbst das, was wir bisher das Größte nannten. Diese Erde ist nichts gegen das Sonnensystem, dieses Sonnensystem ist nichts gegen den Weltenraum, den zahllose ähnliche Systeme erfüllen, und dieser Raum selbst, was ist er gegen Den, der ihn zum Schauplatze seiner unendlichen Schöpfung gemacht hat!

Uebrigens ist die Aufgabe, die Wunder dieser Schöpfung nicht bloß anzustaunen, sondern in ihrer Wechselwirkung, und in ihrem inneren Zusammenhange zu erkennen, keine leichte, und die Lösung derselben, so weit sie uns bisher gelungen ist, war wohl der Bemühungen so vieler Jahrhunderte werth. Die Erscheinungen, welche uns der gestirnte Himmel darbietet, sind so mannigfaltig und so sonderbar in einander verschlungen, daß nur der vereinigte Scharfsinn der Besten einer jeden Zeit, und eines jeden Volkes im Stande seyn konnte, diese Verwickelungen zu lösen, und in der scheinbaren Unordnung selbst jene Einheit und Harmonie zu finden, welche noch immer die Werke der Natur, wo wir sie näher kennen lernten, ausgezeichnet haben. Es war ohne Zweifel mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden, in diesem Gewirre von Complicationen die Hauptursache derselben, die Bewegung der Erde, von der wir alle jene Phänomene zu betrachten gezwungen sind, zu erkennen, und dadurch die bloß scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper von den wahren zu trennen, dann von der Kenntniß dieser wahren Bewegungen zu den Gesetzen überzugehen, nach welchen die Planeten in ihren elliptischen

Bahnen um die Sonne laufen, und endlich von diesen Gesetzen sich bis zu dem Prinzip der allgemeinen Gravitation zu erheben, zu jenem Grundgesetze des Himmels, durch welches alle jene so mannigfaltig verwickelten Erscheinungen auf die einfachste und vollständigste Weise erklärt werden.

Um von den Schwierigkeiten, mit welchen die Auflösung dieser Aufgabe verbunden ist, den Lesern schon hier einen Begriff zu geben, wollen wir bemerken, daß das Hauptgeschäft der Astronomen darin besteht, die uns zunächst umgebende Welt oder die Körper unseres Sonnensystems näher kennen zu lernen; denn was jenseits dieses Systems liegt, ist so weit von uns entfernt, daß uns eine genauere Kenntniß desselben wohl immer versagt seyn wird. Und wie weit sind sie in ihrer Kenntniß jener Körper gekommen? — Sie können von den meisten derselben den Ort, welchen sie zu einer bestimmten Zeit am Himmel einnehmen werden, auf mehrere Jahrhunderte vor- und rückwärts bis auf den Durchmesser eines gewöhnlichen Menschenhaares mit Genauigkeit angeben. Sie sind im Stande, ihr Fernrohr heute auf ihrer Sternwarte so zu stellen, daß sie mit mathematischer Sicherheit erwarten können, Jupiter oder irgend ein anderer Planet werde, nach dem Verlaufe mehrerer Jahrhunderte, zu einer bestimmten Secunde, in der Mitte dieses unverrückt gebliebenen Fernrohrs erscheinen. Wem dieß unglaublich scheint, der mag nur bedenken, daß dieselben Astronomen auch die Sonnenfinsternisse, d. h. die Augenblicke, wo sich die Ränder der Sonne und des Mondes eben in dem ersten Punkte berühren, bereits auf Jahrhunderte voraus berechnet haben, und daß die Resultate dieser Berechnungen mit den darauf folgenden Beobachtungen auf das Genaueste übereinstimmen. Welche Kenntnisse und Vorarbeiten der verschiedensten Art mögen aber erfordert werden, um dieses Ziel zu erreichen?

Wir werden in der Folge sehen, daß jeder Körper der Natur alle anderen im Verhältnisse seiner Masse, und verkehrt wie das Quadrat seiner Entfernung von demselben, anzieht, und daß eben in diesem Gesetze das erwähnte Prinzip der allgemeinen Schwere besteht. Wenn bloß die Kraft der Sonne auf die Planeten wirkte, so würden die letzten in reinen elliptischen Bahnen um die Sonne

gehen. Da aber diese Planeten selbst auch eine, wenn gleich viel geringere Masse, als die Sonne haben, so werden auch diese, nach demselben allgemeinen Prinzip, nicht nur gegen die Sonne, sondern auch gegen einander gravitiren, oder jeder Planet wird, nicht bloß von der Sonne, sondern auch von allen übrigen Planeten zugleich angezogen werden, und die erwähnte einfache elliptische Bahn eines jeden wird jetzt, durch die gemeinsame Einwirkung aller Planeten unter einander, eine äußerst zusammengesetzte und verwickelte krumme Linie werden, deren genaue Bestimmung wenigstens jetzt, und wahrscheinlich immer, die menschlichen Kräfte weit übersteigt.

Während z. B. Jupiter durch die bloße Einwirkung der Sonne in einer Ellipse von mehr als 650 Millionen d. Meilen um dieselbe geführt wird, suchen ihn alle andern ihn umgebenden Planeten immerwährend aus dieser seiner Bahn herauszuziehen. Nach den verschiedenen Lagen dieser Planeten zieht ihn der eine näher zur Sonne, während ihn der andere davon entfernt; dieser reißt ihn auf seinem Wege vorwärts, jener zurück; dieser erhebt ihn über, jener stößt ihn unter seine ursprüngliche Bahn, und es ist leicht abzusehen, daß alle diese immerfort wirkenden Störungen nicht nur den Ort des Planeten in seiner Bahn, sondern am Ende auch diese Bahn selbst verändern, daß sie ihren Einfluß auch auf die Größe, Gestalt und Lage dieser Bahn haben werden, und daß daher der Planet, allen diesen, ihn und einander selbst immer störenden Kräften Preis gegeben, eigentlich in jedem Augenblicke eine andere, eine ganz neue krumme Linie um die Sonne beschreiben werde. Diese Verwirrung wird noch größer, wenn wir bedenken, daß alle astronomischen Bestimmungen der Orte, welche die Planeten am Himmel einnehmen, sich auf die Ebene der Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt, oder auf die Ebene der Ecliptik beziehen, und daß diese letzte Ebene selbst wieder, durch ähnliche Wirkungen aller übrigen Planeten auf die Erde, in ihrer Lage auf gar mannigfaltige Weise verändert wird. Durch Jupiters Einwirkung z. B. wird die Ebene der Erdbahn verrückt, und dieß hat die nothwendige Folge, daß auch die Neigungen der übrigen Planetenbahnen und ihrer Durchschnittslinien mit der Ecliptik sich ändern, selbst von jener Planetenbahn an sich

unveränderlich wäre, was sie doch nicht sind, da auch sie wieder denselben Wirkungen aller andern Planeten ausgesetzt sind. Eine ähnliche Wirkung, wie die des Jupiters auf die Erdbahn, werden auch alle übrigen Planeten äußern, ja selbst diese Wirkungen eines und desselben Planeten werden wieder mit der Folge der Zeiten sich ändern müssen, wenn durch die vorhergehenden Einwirkungen aller Planeten die Erdbahn eine ganz andere Lage am Himmel erhalten haben wird. Wie ferner die Umdrehung der Erde um ihre Axe die tägliche, wenn gleich nur scheinbare Umwälzung des ganzen Sternenhimmels zur Folge hat, eben so wird auch die geringste Verrückung in der Lage dieser Erdaxe (und wir werden mehrere derselben kennen lernen) die ganze Sphäre des Himmels erschüttern, den Anfangspunkt, von dem wir alle Distanzen und Winkel zählen, verrücken, alle Orte am Himmel verändern und aus dem letzten der Gestirne das erste, aus dem ersten das letzte machen, so daß an diesem Himmel, an welchem wir früher nur Ordnung und Harmonie zu bewundern gewohnt waren, alles Unordnung und Verwirrung scheinen wird und daß, in dem verwickelten Gewühle aller dieser sich selbst durchkreuzenden Bewegungen, sogar die Gränzsteine, durch welche wir früher die große Karte des Sternengewölbes entwerfen wollten, sich verrücken und am Ende auch nicht ein einziger Punkt in Ruhe bleiben wird, durch den wir den seine Gestalt in jedem Augenblicke verändernden Proteus zu fesseln hoffen dürfen; besonders, wenn wir noch bedenken, daß wir alle diese chaotischen Verwirrungen nicht von einem festen Standpunkte, sondern von der Erde beobachten, die sich selbst wieder täglich um ihre eigene Axe und jährlich um die Sonne bewegt, und die überdieß mit einer dichten Lufthülle, der Ursache von unzähligen optischen Täuschungen, umgeben ist, durch welche wir kein einziges jener Gestirne an dem Orte erblicken, den es in der That am Himmel einnimmt.

Und doch enthält dieß alles nur einen kleinen Theil der Hindernisse, welche die Astronomie bereits besiegt hat, und in der Folge noch zu besiegen hoffen darf. Aber es wird hinreichen, zu zeigen, welcher Aufwand von geistiger Kraft erfordert wurde, jenes erhabene Ziel nicht zu erreichen, aber doch ihm so nahe zu

kommen, als wir in der That gekommen sind. Viel, in der That, ist bereits gethan worden, aber Vieles ist auch noch zu thun,

multum operis restat,

und an unsern Enkeln wird es seyn, den Schatz, den sie von ihren Vorfahren übernommen, zu bewahren und das reiche Erbe durch eigene Kraft zu vermehren. Seit dem Anfange unserer Menschengeschichte sind erst einige Jahrtausende verflossen, das Geschlecht ist noch zu jung und die Erde zu neu, um größere Forderungen an sie zu stellen. Noch ist unser Auge zu schwach und unser Blick zu beschränkt, um einen größeren Theil des unendlichen Ganzen zu übersehen, das vor uns ausgebreitet ist. Wir müssen uns, wie es Kindern, wie es Anfängern ziemt, mit den Elementen, mit dem uns zunächst Liegenden begnügen und den Nachkommen, die unsere Vorarbeiten benützen können, die Erweiterung der Aussicht überlassen. Für uns beschreibt der Mond, dieser treue Gefährte der Erde auf ihrem Wege um die Sonne, noch eine mehr kreisförmige Bahn um unsere Erde. Aber von der Sonne gesehen, legt er in der That eine Reihe von Epicykeln zurück, deren Mittelpunkte alle auf der Peripherie der Erdbahn liegen. Eben so beschreibt aber auch die Erde eine andere Reihe von Epicykeln, deren Mittelpunkte auf dem Bogen liegen, welchen die Sonne in unserem Milchstraße-Systeme beschreibt; und diese Sonne selbst beschreibt wieder eine dritte Reihe von Epicykeln, deren Mittelpunkte auf demjenigen Bogen liegen, welchen der Schwerpunkt dieses Milchstraßen-Systems um den Mittelpunkt des Universums beschreibt. Die Astronomie hat uns bisher nur die erste Gattung jener Epicykeln kennen gelehrt und dazu wurden bereits mehrere Jahrtausende erfordert — welche Zeit wird genügen, um auch jene anderen kennen zu lernen?

Dieses Kennenlernen also, um wieder auf unsere frühere Behauptung zurück zu kommen, dieses ist es, nicht das bloße Anstaunen, sondern die mit Nachdenken verbundene Betrachtung des Himmels ist das, was demselben die ewige Schönheit und den unvergänglichen Reiz verleiht, mit welchem er den auf Bildung Anspruch machenden Geist des Menschen an sich zu ziehen pflegt. Und dieses muß es daher auch seyn, worauf jede schrift-

liche oder mündliche Mittheilung über diesen Gegenstand besondere Rücksicht zu nehmen hat.

Aber dazu gehören vor allem diejenigen mathematischen Kenntnisse, auf welche jene astronomischen Betrachtungen gebaut sind und ohne welche sich die meisten derselben nicht einmal, wenigstens nicht mit der Präcision und Ueberzeugung, vortragen lassen, die einen großen Theil ihres inneren Werthes constituiren. Wie viele von den schönsten astronomischen Entdeckungen sind der Art, daß sie ohne mathematische Vorkenntnisse nicht einmal gehörig verstanden werden können, und wie viele andere sind so wunderbar und auffallend, so allen Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens widersprechend, daß sie von einem wohl organisirten Kopfe unmöglich auf Treu' und Glauben angenommen werden können. Wie soll man z. B. den Astronomen auf ihr bloßes Wort hin glauben, daß die Sonne, die doch jeder von uns mit seinen eigenen Augen täglich als eine Kugel von nur mäßigem Umfange sieht, anderthalb Millionenmale größer als unsere Erde und über zwanzig Millionen Meilen von uns entfernt ist; daß der nächste Fixstern wenigstens zweimalhundert Tausendmale weiter, als diese Sonne, von uns absteht; daß das Licht mit einer Geschwindigkeit begabt ist, mit welcher es, während wir mit unsern Augenliedern nicken, schon die Reise um die Welt zurücklegt, und daß selbst diese unglaubliche Geschwindigkeit noch gegen jene ganz verschwindet, mit welcher die Kraft der Sonne, durch die sie die Planeten um sich treibt, in einem untheilbaren Momente bis an die fernsten Gränzen unseres Planetensystems eilt. Wer hat diese Größe der Sonne, diese Entfernung der Fixsterne, diese Geschwindigkeiten des Lichts und jene magische Kraft gemessen, und wie war es nur möglich, zu Kenntnissen dieser Art zu gelangen? — Die Geometrie allein kann diese Fragen beantworten, und ohne ihre Hilfe werden sie immer ungelöst bleiben.

Man muß es ohne Zweifel beklagen, daß die mathematischen Wissenschaften noch immer keinen wesentlicheren Theil unserer Erziehung und selbst unserer späteren Ausbildung machen. Während wir oft sehr geringfügige, uns und Anderen meistens ganz nutzlose Dinge nicht zu wissen, für einen Mangel, ja für eine Schande halten, werden jene Kenntnisse als eine Nebensache oder doch nur als eine

für die Schule, nicht aber für das eigentliche Leben bestimmte Sache behandelt, und die Meisten selbst von denjenigen, welche auf vielseitige Bildung und sogar auf eigentliche Gelehrsamkeit gerechten Anspruch machen, die mit Stolz auf den Vorrath ihrer gesammelten Kenntnisse herabsehen und Unkenntniß jeder Art für ein Gebrechen halten, stehen doch gar nicht an, so oft zufällig die Rede auf die mathematischen Wissenschaften kömmt, ihre völlige Unwissenheit als eine ganz erlaubte Sache, die sich gleichsam von selbst versteht, mit einer Offenheit, mit einer Naivetät zu bekennen, die man für Scherz halten müßte, wenn sie nicht gewöhnlich gleich darauf von Fragen und Aeußerungen begleitet würde, die eine Art von Entsetzen erregen und die Wahrheit jenes Geständnisses nur zu sehr bestätigen.

Abgesehen von der Nothwendigkeit dieser Kenntnisse im wissenschaftlichen und oft selbst im gemeinen Leben; abgesehen, daß ohne sie das schönste und dem Menschen angemessenste Studium, das der Natur im Großen, beinahe unmöglich ist, so sollte schon der wohlthätige Einfluß, welchen die Kultur dieser Wissenschaften in ihrer mittelbaren Rückwirkung auf den menschlichen Geist selbst äußert, uns bestimmen, ihnen in dem Felde unserer öffentlichen Erziehung eine der ersten Stellen anzuweisen. Welche andere Doctrin bietet diese Bestimmtheit der Begriffe, diese strenge Ordnung der Schlüsse, diese Gewißheit ihrer Beweise dar? Aus ihrem Gebiete ist jenes heillose, vage Geschwätz und jenes unselige Mittelding zwischen Wissen und Glauben, das in allen andern sogenannten Wissenschaften gleich einem Unkraut wuchert und keine gute Pflanze aufkommen läßt, völlig verbannt. Durch sie erfährt man erst, was eine Demonstration ist und welche Kraft ihr inwohnt. Durch sie wird der Geist zur Aufnahme aller wahren Erkenntnisse, zur Bekämpfung der Vorurtheile und Irrthümer, zur Entfernung aller Illusionen und halbverstandenen Annahmen und zur Verwerfung aller nicht auf eigene Ueberzeugung gegründeten Auctorität, würdig vorbereitet; und wenn endlich überhaupt dem Menschen gegönnt ist, von Wahrheit zu sprechen, so ist es hier und hier allein, wo er sie finden kann. Endlich, und dieß möchte in unseren Tagen nicht zu übersehen seyn, bietet diese Wissenschaft, als die beste Disciplin des menschlichen Geistes,

unserer Jugend und durch sie den kommenden Geschlechtern die angemessenste Gelegenheit, ihre geistige Kraft zu üben und ihren Sinn für das Höchste, was uns angeht, für Recht und Wahrheit zu wecken und zu stählen, um dem sie von allen Seiten umgebenden Andrange eines kränkelnden und in sich selbst zerfallenen Zeitgeistes zu widerstehen, dessen Fortschritte eine männliche und kraftvolle Anhänglichkeit an das Gute überall zu einem sehr dringenden Bedürfnisse gemacht haben.

Zu diesem Zwecke aber, so wie zu allen den oben erwähnten, ist keineswegs eine vollständige, eine alle ihre Höhen und Tiefen umfassende Kenntniß jener Wissenschaften nothwendig. Diese kann überhaupt nicht Jedermanns Sache und daher auch kein Gegenstand einer allgemeinen Erziehung seyn. Sie mag immerhin, wie bisher, jenen Wenigen überlassen bleiben, die Kraft und Muth genug besitzen, das Innere des erhabenen Tempels zu betreten und vielleicht selbst mit eigener Hand zur Bereicherung oder Ausschmückung desselben beizutragen. Wir Andern wollen uns begnügen, das Aeußere desselben und, wo es angeht, den Vorhof, oder wenn wir ihn selbst nicht sehen können, wenigstens den Grundriß desselben zu betrachten, wie er uns von den Architecten überliefert worden ist.

Aber auch dazu werden noch immer einige jener Vorkenntnisse erfordert, wenige in der That und leicht zu erwerbende, die ich aber auch dafür desto dringender von meinen Lesern, nicht sowohl zu meinem, als vielmehr zu ihrem eigenen größten Vortheile in Anspruch nehmen möchte. Wer weder Ton noch Note kennt, der kann selbst und mit dem kann auch ein Anderer über Musik nicht sprechen. Und eben so, wer ein Quadrat von einem Rechteck nicht unterscheidet, wer die ersten Eigenschaften eines Dreiecks nicht kennt, wer vor jedem Decimalbruche erschrickt und ein Buch, das eines Sinus oder einer Tangente erwähnt, sogleich mit Abscheu von sich stößt — wie wäre es möglich, mit ihm über Astronomie zu sprechen? Statt dieses Versuches, dessen Erfolg unglücklich seyn muß, wäre es gerathener, sich diese Vorkenntnisse auf irgend eine Weise vorerst zu verschaffen. Sie sind der Art, daß sie, bei einer zweckmäßigen Anleitung, in wenigen Tagen erworben werden können und daß die meisten unserer Kartenspiele, in welchen es doch so Viele

zu einer beneidens- und oft selbst beweinenswerthen Meisterschaft gebracht haben, viel mehr Zeit und Mühe kosten.

Mit diesen Lesern also, welche es sich gefallen lassen wollen, einige Stunden zur Vorbereitung auf ihre Reise zu verwenden, um wenigstens die ersten Elemente der Sprache, die man in jenen Gegenden spricht, sich eigen zu machen, mit denen glaube ich, wohlgemuth und in der Hoffnung eines glücklichen Erfolgs, unsere Wanderung antreten zu können. Zwar werden wir von dem großen und schönen Lande, das nun vor uns liegt, aus Mangel an tieferen Kenntnissen manche der interessantesten Theile völlig unbesucht lassen müssen; wir werden weder jene steilen Berge, die es begränzen, noch diese tiefen Schluchten, wo die Natur ihre größten Seltenheiten verwahrt, betreten dürfen. Aber wir werden dessenungeachtet noch sehr viele, nicht minder interessante und weit verbreitete Ebenen treffen, die wir nicht nur ohne Mühe und ohne jene fremde Hilfe durchwandern, sondern von welchen wir auch jene unzugänglichen Gegenden, zwar nur von ferne, aber dafür auch in ihrem Ganzen überblicken und bewundern können.

Wie wir nämlich, um unser Gleichniß fortzusetzen, in einem fremden Lande nur dann mit Vortheil und Vergnügen zu reisen hoffen dürfen, wenn wir zuerst die Sprache der Eingeborenen desselben wenigstens einigermaßen kennen gelernt haben, eben so willkommen und nützlich werden uns auch hier, wenn auch nur die ersten Elemente der Sprache dieses Landes seyn, welches wir nun zu durchreisen im Begriffe stehen. Haben sich doch alle, selbst die bloß mechanischen Künste, ja sogar die Handwerke, sobald sie einen gewissen Grad der Vollkommenheit erreichten, ihre eigene Sprache gebildet: wie sollte dasselbe nicht auch von der Astronomie, von der ersten der Wissenschaften, gelten? — Allerdings würden wir sie, während dieser Reise selbst, so oft wir durch die Noth dazu gezwungen werden, auch erlernen können. Aber dieß würde offenbar nicht ohne Beschwerde, nicht ohne vieles Hin- und Wiederreden möglich seyn. Auch ist es nicht unsere Absicht, wie es wohl die mancher unserer Vorgänger gewesen seyn mag, diese Wissenschaft mit unsern Lesern, unter dem angenommenen Scheine einer völligen Unkenntniß derselben, gleichsam von Neuem zu erfinden, oder auch den systematischen Weg, der ihr sonst eigen ist, in unserem Vortrage mit

ängstlicher Genauigkeit zu verfolgen. Wir wollen uns vielmehr bemühen, die Leser auf dem einfachsten und kürzesten Wege mit den vorzüglichsten Lehren der Astronomie, so weit dieses ohne eigentliche mathematische Analysis möglich ist, bekannt zu machen und uns dabei an diejenigen Kenntnisse anzuschließen, die wir bei jedem Gebildeten in unseren Tagen mit Recht voraussetzen dürfen. In der That, daß die Erde, die wir bewohnen, so wie der über sie ausgespannte Himmel die Gestalt einer Kugel habe; daß die Gestirne, welche an diesem Himmelsgewölbe glänzen, in unter sich parallelen Kreisen täglich um die Erde gehen oder doch zu gehen scheinen; daß die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe es ist, welche diesen Schein erzeugt und selbst, daß diese Erde noch *eine* andere Bewegung hat, mit welcher sie jährlich um die Sonne geht; alle diese und ähnliche Wahrheiten sind in unsern Tagen schon Gegenstände des gewöhnlichen Unterrichts in unseren Schulen geworden und daher bereits bis zur Kenntniß des gemeinen Mannes vorgedrungen. Wir können sie daher auch hier, obschon sie später Gelegenheit zu näheren Untersuchungen geben werden, gleichsam als bereits erworbene, historische Kenntnisse voraussetzen und uns eben dadurch in den Stand setzen, sogleich hier die oben erwähnten ersten Elemente der Sprache unserer Wissenschaft so weit vorzutragen, als wir hoffen dürfen, mit ihrer Hilfe, die ihnen in dem Werke selbst folgenden Betrachtungen kürzer, bestimmter und eben dadurch deutlicher darstellen zu können.

Die nun folgende zweite Abtheilung dieser Einleitung ist jenem Zwecke gewidmet. Es wird uns erlaubt seyn, die Leser zu ersuchen, diese ersten Blätter mit einiger Aufmerksamkeit und selbst wiederholt und mit dem Vertrauen zu lesen, daß ihnen eben dadurch der Genuß des Ganzen ungemein erleichtert, ja eigentlich erst möglich gemacht werde. Um übrigens die Bedeutungen der wenigen Kunstausdrücke, die wir hier nebst ihrer Erklärung zusammen stellen, dem Gedächtnisse tiefer einzuprägen und zugleich die Anführung derselben in der Folge zu erleichtern, sind sie, nach Art des mathematischen Vortrags, unter eigene Nummern gebracht werden.

§. 1. (Kreise auf der Oberfläche einer Kugel.) Jede Ebene durch eine Kugel schneidet die Oberfläche der Kugel in einem Kreise. Geht die schneidende Ebene durch den Mittelpunkt der Kugel, so

nennt man den durch ihren Schnitt entstehenden Kreis einen **größten Kreis** der Kugel. Wir betrachten hier zuerst nur solche größte Kreise der Kugel.

Uebrigens wird, wie bekannt, die Peripherie eines jeden Kreises in 360 gleiche Theile, die man **Grade** nennt, getheilt. Jeder Grad hat 60 **Minuten** und jede Minute 60 **Secunden**. Man bezeichnet diese Theile in der angeführten Ordnung durch $^{\circ}$ $'$ $''$, so daß z. B. $45^{\circ}\ 13'\ 20''$ eben so viel heißt, als 45 Grade, 13 Minuten und 20 Secunden.

§. 2. (Himmlische und irdische Kreise.) Wir nehmen den Himmel ANQN′ (Fig. 1), so wie er uns in der That erscheint, als eine hohle Kugelschale an, deren Mittelpunkt C zugleich der Mittelpunkt der ebenfalls kugelförmigen Erde anqn′ ist. Dieß vorausgesetzt, wird also jede Ebene, welche durch den Mittelpunkt C beider Kugeln geht, den Himmel sowohl, als auch die Erde (nach §. 1) in einem größten Kreise schneiden, von welchem man den einen den himmlischen und den andern den ihm entsprechenden irdischen Kreis nennt. Solche zusammen gehörende Kreise-Paare sind:

AWQO = I und aq = 1 oder
HWRO = II und hr = 2 oder endlich
ANQN′ = III und anqn = 3.

Wir wollen diese Kreise-Paare der Kürze wegen künftig nur durch diese ihre Zeichen I, 1, II., 2 ꝛc. anzeigen.

§. 3. Derjenige Durchmesser der Kugel, der auf der Ebene eines größten Kreises senkrecht steht, heißt die **Axe** dieses Kreises und die beiden Endpunkte dieses Durchmessers sind die **Pole** jenes Kreises. Die Axe eines Kreises geht daher immer durch den Mittelpunkt desselben und jeder Pol ist von allen Punkten der Peripherie seines Kreises um 90 Grade oder um einen rechten Winkel entfernt.

So sind NN′ die Axe und N, N′ die Pole des Kreises I, und eben so sind ZZ′ die Axe und Z, Z′ die Pole des Kreises II und dasselbe gilt auch von den Punkten n, n′ und z, z′ in Beziehung auf die analogen irdischen Kreise 1 und 2.

§. 4. (Kreise, die durch die Pole anderer Kreise gehen.) Jeder größte Kreis, der durch den Pol eines gegebenen größten

Kreises geht, geht auch durch den andern Pol des gegebenen Kreises und die Ebenen beider Kreise stehen auf einander senkrecht.

So gehen alle durch den Pol N gehende Kreise NQ, NQ′, NQ″.. auch durch den Pol N′ und alle diese Kreise stehen senkrecht auf I oder die Winkel der Bogen NQ, NQ′, NQ″.. mit dem Bogen QW sind rechte Winkel. Eben so stehen alle durch Z gehende Kreise ZR, ZR′, ZR″.. senkrecht auf II und der durch N und durch Z gehende Kreis III steht daher senkrecht auf I sowohl, als auch auf II.

§. 5. (Auf einander senkrecht stehende Kreise.) Stehen eben so umgekehrt zwei Kreise auf einander senkrecht, so liegen die Pole des einen in der Peripherie des anderen. Sind also die Kreise NQ, NQ′.. auf I senkrecht, so liegen die Pole aller dieser Kreise *in* der Peripherie von I, und sind die Kreise ZR, ZR′.. auf II senkrecht, so liegen alle Pole dieser Kreise irgendwo in der Peripherie von II.

§. 6. (Wie größte Kreise die Kugel und sich selbst theilen.) Jeder größte Kreis theilt die Oberfläche der Kugel in zwei gleich große Theile, in deren Mitte die beiden Pole jenes Kreises liegen. Je zwei größte Kreise der Kugel aber theilen sich selbst in ihrer Durchschnittslinie, die zugleich ein Durchmesser der Kugel ist, in zwei gleiche Theile und umgekehrt: halbiren sich zwei Kreise auf der Oberfläche der Kugel, so sind sie beide größte Kreise derselben.

§. 7. (Neigung zweier Kreise gegen einander.) Der Winkel zweier größten Kreise, d. h. die N e i g u n g ihrer Ebenen gegen einander ist gleich der Entfernung der beiden Pole dieser Kreise. So ist die Neigung der Kreise I und II gleich der Distanz NZ = N′ Z′ ihrer Pole.

Dieselbe Neigung der beiden Kreise I und II kann aber auch durch den Bogen QR = AH desjenigen größten Kreises III ausgedrückt werden, der durch die Pole N und Z jener beiden Kreise geht, welcher Bogen daher, nach §. 4, auf den beiden Kreisen I und II senkrecht steht, wo dann die Entfernungen der Punkte R und Q, oder A und H von den beiden Durchschnittspunkten O und W der beiden gegebenen Kreise immer gleich 90 Grade sind. Dieselben Neigungen zweier größten Kreise können endlich auch

ganz einfach durch die Winkel ausgedrückt werden, welche die Peripherien dieser Kreise in ihren Durchschnittspunkten, unter sich bilden. So ist RWQ = AWH die Neigung der beiden Kreise I und II. Eben so wird die Neigung der Kreise NQ' und NQ'' gegen einander durch den Winkel Q' NQ'' oder durch den auf ihnen senkrecht stehenden Bogen Q' Q'' des größten Kreises I ausgedrückt, und die Neigung der Kreise ZR' und ZR'' gegen einander, ist der Winkel R' ZR'' oder auch der Bogen R'R'' des auf ihnen senkrecht stehenden Kreises II.

Alle diese Sätze sind zwar Gegenstände der Geometrie und können, als solche, streng bewiesen werden; sie sind aber auch zugleich der Art, daß sie für Leser von einiger Fassungskraft gleichsam schon für sich klar sind, besonders wenn wir sie mit Hilfe eines Globus (§. 30) betrachten.

Wenden wir nun das Gesagte sofort auf diejenigen Kreise an, welche die Astronomen auf der Oberfläche des Himmels und der Erde gezogen haben, um dadurch einzelne Punkte dieser Flächen näher bestimmen zu können.

§. 8. (Horizont, Zenith und Nadir.) Wenn wir uns in einer ebenen Gegend oder auf der hohen See befinden, so erscheint uns die Oberfläche am Ende als eine von einem Kreise begränzte Ebene. Diese Ebene, bis an das Himmelsgewölbe erweitert, heißt der scheinbare Horizont des Beobachters, und eine mit ihm parallele, durch den Mittelpunkt der Erde gehende Ebene ist der wahre Horizont desselben.

Zieht man endlich durch den Punkt der Erdoberfläche, welchen der Beobachter einnimmt, eine gerade, auf seinem Horizont senkrechte Linie, so wird diese Linie, da sie senkrecht auf der Oberfläche der Kugel steht, durch den Mittelpunkt der Erde gehen und, verlängert, die Oberfläche des Himmels in zwei Punkten schneiden, deren einer, der über dem Beobachter steht, das Zenith (der Scheitelpunkt), und der andere unten das Nadir (der Fußpunkt) des Beobachters heißt. Die Richtung, welche durch diese Linie ausgedrückt wird, heißt vertical, während man die auf diese Linie senkrechte Richtung des Horizonts horizontal (wagerecht oder wasserrecht) zu nennen pflegt.

I. Da die Richtung eines mit einem Bleilothe beschwerten

Fadens auf der Oberfläche des stillestehenden Wassers senkrecht steht, so wird der Faden in diesem Zustande jene senkrechte Richtung angeben, so wie durch die Oberfläche des stillstehenden Wassers die horizontale Richtung angezeigt wird.

II. Denkt man sich den Beobachter auf dem obersten Punkte z der Oberfläche der kugelförmigen Erde, so wird der Durchmesser zCz' verlängert, am Himmel das Zenith Z und das Nadir Z' des Beobachters angeben. Der auf diesem Durchmesser senkrechte größte Kreis hr aber wird, bis an die Himmelssphäre erweitert, den wahren Horizont HWRO des Beobachters, den wir oben durch II bezeichnet haben, angeben, während der mit ihm parallele durch den Punkt z gelegte Kreis den scheinbaren Horizont des Beobachters bezeichnet.

§. 9. (Sichtbare und unsichtbare Hemisphäre.) Diesem gemäß ist also die Linie ZZ' die Axe, und die Punkte Z und Z' sind die Pole des wahren Horizontes (§. 3). Durch diesen Horizont HWRO wird die Oberfläche des Himmels in zwei gleiche Theile getheilt (§. 6), von welchen der eine, obere, in welchem der Zenith Z liegt, die sichtbare und der andere untere die unsichtbare Hemisphäre genannt wird, weil in der That nur diejenigen Gestirne, die sich in der oberen Hälfte des Himmels, oder die sich über unserem Horizonte befinden, für uns sichtbar sind, während die andern für uns von der unter uns stehenden Erde bedeckt und daher unsichtbar sind.

§. 10. (Verticalkreise und Höhe der Sterne.) Die größten Kreise ZR, ZR', ZR''.., welche durch das Zenith Z, also auch durch das Nadir Z' gehen und daher auf dem Horizonte senkrecht stehen (§. 4), heißen Vertical- oder Höhenkreise.

Die Entfernung jedes Punktes des Verticalkreises von dem Horizonte oder der Bogen des Verticalkreises, der zwischen jenem Punkte und dem Horizonte enthalten ist, heißt die Höhe jenes Punktes, und eben so nennt man die Entfernung dieses Punktes von dem Zenithe Z die Zenithdistanz des Punktes. Höhen und Zenithdistanzen ergänzen also einander immer zu 90 Graden. So sind daher die Bogen RS, R' S' und R'' S'' die Höhen der drei Sterne S, S' und S'' und eben so sind die Bogen ZS, ZS' und ZS'' die Zenithdistanzen derselben.

§. 11. (Weltaxe, Weltpole, Aequator.) Wenn man die Sterne des Himmels nur kurze Zeit beobachtet, so bemerkt man schon, daß sie sich alle täglich und zwar so um die Erde bewegen, als ob sich die ganze Himmelssphäre um eine Axe drehte, die durch den Mittelpunkt C der Erde geht. Ist NCN′ diese fixe Drehungsaxe des Himmels oder die sogenannte Weltaxe, so nennt man die beiden Endpunkte derselben N und N′ die Weltpole und zwar den in unseren Gegenden sichtbaren oder dem Zenithe Z näheren N den Nordpol und den anderen entgegengesetzten N′ den Südpol. Ein auf die Weltaxe durch den Mittelpunkt der Erde gehender, also größter Kreis schneidet die Oberfläche des Himmels in den himmlischen Aequator AWQO und zugleich die Erde in den irdischen Aequator aq. Diese beiden größten Kreise des Himmels und der Erde sind die, welche wir oben (§. 2) durch I und 1 bezeichnet haben. Analog mit den beiden Weltpolen N und N′ nennt man auch die beiden Punkte, in welchen die Weltaxe die Oberfläche der Erde schneidet, die irdischen Pole und zwar n den Nordpol und n′ den Südpol der Erde.

§. 12. (Nördliche und südliche Hemisphäre.) Der Aequator theilt als ein größter Kreis die Erde sowohl, als auch den Himmel in zwei gleiche Theile (§. 6), von welchen der eine, in welchem der Nordpol N liegt, die nördliche, und der andere die südliche Hemisphäre heißt.

§. 13. (Deklination und Deklinationskreis.) Die größten Kreise NQ, NQ′, NQ″.. welche durch den Nordpol N, also auch durch den Südpol N′ gehen und daher (§. 4) auf dem Aequator senkrecht stehen, heißen Deklinations- oder Stundenkreise, und der Bogen des Deklinationskreises, der zwischen dem Aequator und einem Stern enthalten ist, heißt des Sterns Deklination oder Abweichung. So sind die Bogen QS, Q′ S′ und Q″ S″ die Deklinationen der Sterne S, S′ und S″. Ist der Stern unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre (§. 12), so wird auch seine Deklination südlich genannt. Auch nennt man die Entfernungen NS, NS′, NS″.. der Gestirne von dem Nordpole N des Aequators die Poldistanzen dieser Sterne. Deklinationen und Poldistanzen ergänzen daher einander immer zu 90

Graden, und für Sterne unter dem Aequator sind die Poldistanzen größer als 90 Grade.

§. 14. (Meridian.) Derjenige größte Kreis NZRA des Himmels, der durch den Nordpol N des Aequators und durch das Zenith Z des Beobachters z, also auch durch die Punkte N′ und Z′ geht und daher (§. 4) sowohl auf dem Aequator, als auch auf dem Horizonte senkrecht steht, heißt der Meridian des Beobachters. Der Meridian ist also derjenige größte Kreis, den wir oben durch III bezeichnet haben und er schneidet die Oberfläche der Erde in den irdischen Meridian nzra des Beobachters z. Der Meridian ist also zugleich Deklinations- und Höhenkreis.

§. 15. (Mittagslinie, Nord und Süd.) Meridian und Horizont halbiren sich (§. 6) in ihren beiden Durchschnittspunkten R und H, von welchen der eine R, der von dem Nordpole N weiter entfernt ist, der Südpunkt oder Mittag und der andere H der Nordpunkt oder Mitternacht genannt wird. Der beide Punkte verbindende Durchmesser HCR des Horizonts heißt die Mittagslinie.

§. 16. (Ost und West.) Eben so halbiren sich Aequator und Horizont (§. 6) in zwei Punkten O und W, von welchen der erste O, der dem nach Süd sehenden Beobachter links liegt, Ost oder Morgen, und der andere entgegengesetzte W West oder Abend genannt wird. Durch diese vier Punkte H, O, N, W wird der Horizont in vier gleiche Theile getheilt.

§. 17. (Oestliche und westliche Hemisphäre.) Der Meridian theilt ebenfalls die ganze Oberfläche des Himmels in zwei gleiche Theile (§. 6), von welchen der eine, in welchem der Ostpunkt O liegt, die östliche und der andere die westliche Hemisphäre genannt wird.

§. 18. (Aequatorhöhe und Polhöhe des Beobachters.) Die Neigung des Aequators AWQ gegen den Horizont HWR wird (nach §. 7) durch den zwischen diesen Ebenen enthaltenen Bogen QR = AH des Meridians, oder auch durch die Distanz NZ = N′Z′ der Pole jener beiden Ebenen, oder endlich ganz einfach durch den Winkel QWR = QOR ausgedrückt. Man nennt diese Neigung QR = NZ = QWR die Aequatorhöhe des Beobachters z, weil in der That (nach §. 10) der Bogen QR die Höhe des höchsten Punkts Q des Aequators ausdrückt.

I. Da die Summe der Bogen HN und NZ, so wie die Summe RQ und QZ gleich 90 Graden ist, und da RQ gleich NZ ist, so muß auch QZ gleich HN seyn, und man nennt diesen Bogen QZ = HN die Polhöhe des Beobachters z, weil in der That (nach §. 10) der Bogen HN die Höhe des Nordpols N des Aequators über dem Horizonte ausdrückt. Man sieht, daß für jeden Ort der Erde die Polhöhe und Aequatorhöhe einem rechten Winkel gleich ist, oder daß diese beiden größeren einander zu 90 Graden ergänzen.

II. Ganz eben so ist also auch auf der Oberfläche der Erde der Bogen hn gleich dem Bogen qz, weil jeder derselben eben so viele Grade enthält, als die Bogen HN oder QZ. Daraus folgt, daß die Polhöhe HN eines Beobachters z immer gleich ist der Entfernung qz seines Ortes z von dem irdischen Aequator aq.

§. 19. (Stundenwinkel.) Da der Aequator auf allen Stundenkreisen (§. 13) senkrecht steht, so wird man die Abstände derselben von dem Meridian, als von dem ersten Stundenkreise (§. 14), durch die zwischen ihnen liegenden Bogen des Aequators, oder was (nach §. 7) dasselbe ist, durch ihren Neigungswinkel in dem Nordpole N messen. Man nennt diese Abstände der Stundenkreise von dem Meridian, Stundenwinkel und zählt sie in der Richtung von Q gen W oder von Süd gen West bis 360° oder auch bis 24 Stunden, indem 15° auf eine Stunde genommen werden. So ist QQ′ = QNQ′ der Stundenwinkel des Sterns S′ und QQ″ = QNQ″ der Stundenwinkel des Sterns S″ u. s. f.

Ist dieses Gestirn S′ die Sonne, so pflegt man auch den Stundenwinkel QQ′ = QNQ′ derselben die wahre Sonnenzeit des Beobachters z zu nennen. Wenn die Sonne durch den oberen Theil des Meridians NQ geht, oder wenn sie culminirt, so ist der Stundenwinkel derselben oder die wahre Zeit des Beobachters Null oder der Beobachter hat eben Mittag. Wenn die Sonne durch den unteren, unsichtbaren Theil HZ′ des Meridians geht oder in ihrer unteren Culmination ist, so ist der Stundenwinkel der Sonne oder die wahre Zeit des Beobachters 12 Uhr oder der Beobachter hat eben Mitternacht. Wir werden später auf diese Zeitrechnung der Astronomen wieder zurück kommen.

§. 20. (Azimut.) Da der Horizont auf allen Höhenkreisen

(§. 10) senkrecht steht, so wird man die Abstände derselben von dem Meridiane, als von dem ersten Höhenkreise (§. 14) durch die zwischen ihnen liegenden Bogen des Horizonts, oder was (nach §. 7) dasselbe ist, durch ihre Neigungswinkel in dem Zenithe Z messen. Man nennt diese Abstände der Höhenkreise von dem Meridiane Azimute und zählt auch sie von Süd gen West bis 360°. So ist RR′ = RZR′ das Azimut des Sterns S′ und RR″ = RZR″ das Azimut des Sterns S″ u. s. f.

§. 21. (Ortsbestimmung der Sterne gegen den Horizont und Meridian.) Diese drei Kreise oder Ebenen, die des Horizonts, des Aequators und des Meridians, sind, wie wir sogleich sehen werden, sehr geschickt, die Lage der Gestirne oder den Ort, welchen sie zu jeder Zeit am Himmel einnehmen, zu bestimmen.

Will man nämlich die Lage eines Gestirns gegen den Horizont und Meridian bestimmen, so wird man bloß das Azimut (§. 20) und die Höhe (§. 10) dieses Sterns für eine bestimmte Zeit anzugeben haben. Ist z. B. das Azimut RR″ und die Höhe R″ S″ des Sterns S″ gegeben, so ist dadurch auch sofort der Ort S″ des Gestirns am Himmel bestimmt.

Wählt man aber zu diesem Zwecke den Aequator und den Meridian, so wird man bloß den Stundenwinkel (§. 19) und die Deklination (§. 13) des Sterns für eine bestimmte Zeit anzugeben haben. Ist z. B. der Stundenwinkel QQ″ und die nördliche Deklination Q″ S″ des Sterns S″ gegeben, so ist dadurch auch sofort der Ort S″ des Gestirns am Himmel bestimmt.

§. 22. (Rectascension und Deklination, Länge und Breite der Sterne.) Allein die zwei vorhergehenden Bestimmungsarten haben den Nachtheil, daß sie dem Gestirne nicht unverändert für alle Zeiten zukommen. In der That ändern diese Gestirne durch die tägliche Bewegung des Himmels um die Axe NN′ ihre Lage gegen den Horizont sowohl, als auch gegen den Meridian in jedem Augenblicke, so daß man also, um eine vollständige Bestimmung ihres Ortes zu erhalten, nebst Azimut und Höhe, oder nebst Stundenwinkel und Deklination, auch noch die Zeit angeben müßte, für welche jene Bestimmungen statt haben sollen. Ueberdieß ändert sich der Horizont sowohl, als auch der Meridian, so-

bald der Beobachter z. seinen Ort auf der Oberfläche der Erde ändert.

Von diesen Nachtheilen frei ist die Lage der Gestirne, wenn man sie bloß auf den Aequator bezieht, weil dieser, durch die tägliche Bewegung des Himmels, in seiner Lage gegen die Oberfläche des Himmels selbst keine Aenderung erleidet.

I. Zu diesem Zwecke nimmt man irgend einen festen Punkt V des Aequators, den man den Frühlingspunkt nennt, und zählt von ihm in der Richtung VQO oder von Süd gen Ost die Abstände der Stunden- oder Deklinationskreise (§. 13). Diese Abstände, welche man Rectascensionen oder gerade Aufsteigungen nennt, geben, wenn man sie mit den bereits oben (§. 13) erwähnten Deklinationen verbindet, die gesuchte einfache und vollständige Ortsbestimmung des Sterns. Ist z. B. die Rectascension VQ'' und die nördliche Deklination Q'' S'' eines Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch der Ort S'' des Sterns am Himmel bestimmt, und diese Bestimmung ist unabhängig von der Zeit, da sie immer dieselbe bleibt, wie sich auch der Himmel um seine Axe NN' drehe und von welchem Punkte der Oberfläche der Erde man auch das Gestirn betrachten mag, wenn nur das letzte seinen Ort selbst am Himmel nicht ändert.

II. Die Astronomen legen durch diesen Punkt V und durch den Mittelpunkt C der Erde unter einem bestimmten Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad gegen den Aequator noch eine andere Ebene, welche daher die Oberfläche des Himmels wieder in einem größten Kreise VL'' L' schneidet, den man die Ekliptik nennt.

Sie gebrauchen ihn auf eine ähnliche Weise, wie den Aequator, zur Bestimmung der Lage der Gestirne. Läßt man nämlich von den Punkten S' und S'' die Bogen S' L' und S'' L'' senkrecht auf die Ekliptik herab, wo also die Kreise dieser Bogen durch die beiden Pole der Ekliptik gehen müssen (§. 5), so wird auch der Ort eines jeden Gestirns S' vollständig gegeben seyn, wenn die beiden Bogen VL' und L' S' gegeben sind. Man nennt aber VL' die Länge und L' S' die Breite des Sterns S'. Eben so ist also auch VL'' die Länge und L'' S'' die Breite des Sterns S''. Ist das Gestirn unter der Ekliptik, so wird die Breite desselben südlich genannt. Dieser Kreis VL' L'' oder die Ekliptik ist der-

jenige größte Kreis am Himmel, in welchem wir jährlich die Sonne einhergehen sehen. Der Punkt V, in welchem die Ekliptik den Aequator schneidet und von welchem man, wie gesagt, alle Rectascensionen und alle Längen zählt, heißt der Frühlingspunkt, und der ihm am Himmel gegenüberstehende der Herbstpunkt, beide zusammen aber bilden die Aequinoctial- oder die Nachtgleichenpunkte. Die zwischen den Aequinoctialpunkten in der Mitte liegenden Punkte der Ekliptik sind die Solstitien oder Wendepunkte und zwar derjenige, welcher am höchsten über dem Aequator, in der nördlichen Hemisphäre (§. 18) steht, das Sommer- und der andere entgegengesetzte unter der Ekliptik das Winter-Solstitium. Wir werden später noch oft auf diese Gegenstände zurück kommen.

§. 23. (Geographische Länge und Breite des Beobachters.) Auf eine ähnliche Art wird man auch verfahren, um den Ort des Beobachters z auf der Oberfläche der Erde gegen den irdischen Meridian aq (§. 11) zu bestimmen. Wir haben oben (§. 14) gesehen, daß der irdische Meridian eines jeden Ortes z der Erde derjenige größte Kreis derselben ist, der durch diesen Ort z und durch die beiden Pole n und n' des Erdäquators geht.

Man verbinde z. B. die beiden Punkte S' und S'' des Himmels mit dem Mittelpunkte C der Erde durch gerade Linien, welche die Oberfläche der Erde in den Punkten S' und S'' schneiden sollen. Eben so sollen die Ebenen der Stundenkreise NS' Q' N' und NS'' Q'' N' die Oberfläche der Erde in den analogen Kreisen ns' q' n' und ns'' q'' n' schneiden. Dann werden also die zwei letztgenannten Kreise die irdischen Meridiane derjenigen Orte s' und s'' der Erde vorstellen, von welchen der erste den Stern s' und der zweite den Stern s'' in seinem Zenithe sieht. Solcher irdischen Meridiane gibt es also so viele, als es Punkte des Aequators gibt. Man nimmt von diesen unzähligen Meridianen willkürlich einen derselben, z. B. den, der durch die bekannte kanarische Insel Ferro geht, als den ersten irdischen Meridian an, und zählt von ihm die Abstände aller übrigen in der Richtung von Süd gen Ost bis 360 Grade. Diese Abstände der übrigen Meridiane von dem gewählten ersten, nennt man die geographische Länge dieser Meridiane. Alle Orte der Erde, welche

in demselben Meridiane liegen, haben also auch dieselbe geographische Länge. Um daher diese Orte noch weiter von einander zu unterscheiden, gibt man auch den Abstand derselben von dem Aequator an. Dieser Abstand ist aber, nach §. 18. II., immer gleich der Polhöhe des Ortes, die man auch die geographische Breite des Ortes zu nennen pflegt. Liegt der Ort unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre der Erde (§. 12), so heißt die geographische Breite desselben auch südlich.

Die Lage eines Ortes auf der Erde ist also vollkommen bestimmt, wenn die geographische Länge und Breite desselben gegeben ist und diese Bestimmung ist ganz analog mit der (§. 22), durch welche man die Lage der Gestirne gegen den Aequator, durch die Rectascension und Deklination derselben anzugeben pflegt. So hat man z. B.:

	die geogr. Länge von Ferro		die geogr. Breite
für Paris	. 20° 0′ 0″	. . . . .	48° 50′ 14″ Nördl.
— Wien	. 34 2 30	. . . . .	48 12 35 —
— Peking	. 134 7 30	. . . . .	39 54 13 —
— Quito	. 298 54 30	. . . . .	0 13 17 Südl.

§. 24. (Parallelkreise, Tag- und Nachtbogen, Auf- und Untergang der Sterne.) Alle bisher betrachteten Kreise sind größte Kreise der Kugel, oder solche, deren Mittelpunkt zugleich jener der Kugel selbst ist. Allein zuweilen verdienen auch die kleineren Kreise derselben eine nähere Betrachtung.

Wenn sich der Himmel in der That, wie wir bisher vorausgesetzt haben, täglich in der Richtung von Ost nach West um die Weltaxe NN′ dreht, so wird während dieser Drehung jeder Stern einen Kreis beschreiben müssen, dessen Ebene senkrecht auf dieser Axe und dessen Mittelpunkt auch irgendwo in dieser Axe liegt. Wegen dieser allen gemeinschaftlichen senkrechten Stellung dieser Kreise gegen die Weltaxe werden sie also auch alle unter einander parallel seyn, daher man sie Parallelkreise genannt hat. Die Peripherie dieser Kreise steht, in allen ihren Punkten, von jedem Punkte der Axe, also auch von jedem der beiden Weltpole N und N′ gleich weit ab. Der größte aller dieser Parallelkreise ist der oben (§. 11) betrachtete Aequator, dessen Mittelpunkt mit dem Mittelpunkte C der Kugel selbst zusammen fällt, während die

Mittelpunkte aller übrigen Parallelkreise desto weiter von C entfernt oder desto näher bei den Polen N oder N′ liegen werden, je kleiner diese Kreise selbst sind. Solche Parallelkreise sind also in unserer Zeichnung der Kreis SS′ E′ E und DD′ D″ B.

I. Um auch von diesen himmlischen Parallelkreisen die ihnen entsprechenden irdischen Parallelkreise, z. B. um aus DD′ D″ B den analogen irdischen Parallelkreis dd′ d″ b zu erhalten, wird man von allen Punkten des ersten Kreises gerade Linien nach dem Mittelpunkte C der Kugel ziehen und dadurch gleichsam die Oberfläche eines Kegels erhalten, dessen Spitze in C und dessen Basis der himmlische Parallelkreis DD′ D″ B ist. Diese Kegelfläche wird dann die Oberfläche der Erde in dem gesuchten analogen irdischen Parallelkreise dd′ d″ b schneiden.

Auf der Oberfläche der Erde unterscheidet man vorzüglich zwei dieser Parallelkreise in der nördlichen sowohl, als in der südlichen Hemisphäre. Nämlich die beiden Wendekreise, die von dem Aequator, zu beiden Seiten desselben, um 23½ Grad abstehen und daher durch die beiden Solstitialpunkte (§. 22. II.) der Ekliptik gehen, und die beiden Polarkreise, deren Peripherie von den beiden Weltpolen N und N′ um dieselbe Größe von 23½ Graden absteht und die daher durch die oben (§. 22. II.) erwähnten Pole der Ekliptik gehen.

II. Alle diese kleineren Polarkreise werden von den bisher betrachteten größten Kreisen der Kugel, z. B. von dem Horizonte, nicht mehr in zwei gleiche, sondern oft, wie der Parallelkreis SS′ E′ E in zwei sehr ungleiche Theile, ja öfter, wie der Parallelkreis DD′ D″ B, gar nicht mehr geschnitten.

Von denjenigen Kreisen, die von dem Horizonte noch geschnitten werden, bezeichnet der Theil ESS″ E′, der über dem Horizonte des Beobachters z liegt, den sogenannten Tagbogen des Gestirns, d. h. denjenigen Bogen, in welchem der in diesem Parallelkreise sich bewegende Stern, während seiner täglichen Umdrehung um die Erde, dem Beobachter noch sichtbar bleibt, während der übrige Theil E′ S‴ E dieses Parallelkreises den Nachtbogen oder den für den Beobachter unsichtbaren Theil dieses Kreises bezeichnet.

III. Von den beiden Durchschnittspunkten E und E′ des Parallelkreises mit dem Horizonte bezeichnet der erste E, in der östlichen Hemisphäre (§. 17), den Punkt des Himmels, wo der Stern dieses Parallelkreises aufgeht, oder wo er sich über den Horizont zu erheben anfängt, während in dem entgegengesetzten Punkte E′ der Stern untergeht oder sichtbar zu seyn aufhört.

Für die Sterne im Aequator ist der Tagbogen OQW gleich dem Nachtbogen WAO. Für alle andere Sterne aber ist, in der nördlichen Hemisphäre (§. 12) der Tagbogen desto größer, je weiter der Parallelkreis von dem Aequator absteht oder je größer die Deklination (§. 13) des Sterns ist, und dasselbe gilt auch von dem Nachtbogen in der südlichen Hemisphäre.

IV. Ist, wie für den Parallelkreis DD′ B der nördlichen Hemisphäre der Bogen QD größer als der Bogen HN, das heißt, ist die nördliche Deklination eines Sterns größer als die Polhöhe (§. 18. I.) des Beobachtungsorts, so schneidet der Parallelkreis des Sterns den Horizont nicht mehr oder der Stern geht, für den Beobachter z, nicht mehr unter und ist daher immer sichtbar.

Ist aber für einen Parallelkreis der südlichen Hemisphäre die Entfernung desselben von dem Aequator größer als der Bogen RQ = AH, das heißt, ist die südliche Deklination eines Sterns größer, als die Aequatorhöhe (§. 18) des Beobachtungsorts, so geht der Stern, für diesen Ort der Beobachtung, nicht mehr auf und ist daher immer unsichtbar.

§. 25. (Culmination der Sterne.) Alle Sterne, die für einen Beobachter noch auf- oder untergehen, steigen nach ihrem Aufgange immer höher über den Horizont, bis sie, in dem Augenblicke ihres Durchgangs durch den Meridian SZQR, d. h. in dem Augenblicke ihrer Culmination (vergl. §. 19. I.) ihre größte Höhe erreichen, von welcher sie dann auf dieselbe Weise wieder zu dem Horizonte herabsteigen, so daß, zu beiden Seiten des Meridians, zu gleichen Stundenwinkeln (§. 19) oder auch zu gleichen Azimuten (§. 20) auch gleiche Höhen desselben Sterns gehören.

§. 26. (Circumpolarsterne, obere und untere Culmination derselben.) Solche Sterne, die so nahe bei dem Pole sind, daß sie für einen bestimmten Beobachtungsort nicht mehr untergehen (§. 24. IV.), wie die des Parallelkreises DD′ B, heißen Circum-

polarsterne. Sie werden daher zweimal, während einer Umlaufszeit derselben, im Meridian gesehen, nämlich zur Zeit der oberen Culmination in D und zur Zeit der unteren Culmination in B; für auf- und untergehende Gestirne ist die untere Culmination unsichtbar. (Vergl. §. 19. I.)

§. 27. (Bestimmung der Polhöhe des Beobachtungsortes und der Deklination der Sterne.) Wenn man die Höhe, oder was dasselbe ist, die Zenithdistanz (§. 10) eines Gestirns im Augenblicke der Culmination dieses Sterns, durch irgend ein dazu geeignetes Instrument beobachtet hat, so kann man daraus sofort die Polhöhe des Beobachtungsortes finden, wenn die Deklination des Sterns bekannt ist, oder auch umgekehrt, die Deklination, wenn die Polhöhe bekannt ist.

Denn für Culminationen auf der Südseite ZR des Zeniths hat man, wenn der Stern von nördlicher Deklination, z. B. in S culminirt, $QZ = QS + SZ$ oder

Polhöhe = Deklination + Zenithdistanz,

und wenn der Stern von südlicher Deklination, z. B. in T culminirt, $QZ = TZ - TQ$ oder

Polhöhe = Zenithdistanz — Deklination.

Eben so hat man für Culmination der Circumpolarsterne auf der Nordseite ZH des Zeniths, wenn der Stern über dem Pole N, z. B. in dem Punkte D culminirt, $HN = QZ = QD - DZ$ oder

Polhöhe = Deklination — Zenithdistanz,

und wenn er unter dem Pol, z. B. in dem Punkte B culminirt, $HN = QZ = QB - BZ$ oder, da AB die Deklination, also QB die Ergänzung der Deklination zu 180 Graden ist,

Polhöhe = 180° — Deklination — Zenithdistanz,

wo immer + das bekannte Zeichen der Addition und — der Subtraktion ist. Diese Ausdrücke zeigen, wie man von den drei Größen, Polhöhe, Deklination und Zenithdistanz im Meridian, wenn zwei derselben gegeben sind, die dritte finden kann.

§. 28. (Sternzeit.) Hätte man überdieß noch ein Mittel, für dieselbe Zeit der Culmination eines Sterns, z. B. in S auch noch den Stundenwinkel des Frühlingspunkts V (§. 19 und 22. I.)

zu beobachten, so würde man die Deklination und die Rectascension (§. 22) dieses Sterns, also eine vollständige Bestimmung seines Ortes am Himmel erhalten. Denn dieser Stundenwinkel ist (§. 19) gleich dem Winkel VNQ oder gleich dem Bogen VQ und dieser Bogen VQ ist zugleich die Rectascension des Sterns S im Augenblicke seiner Culmination.

Man nennt diesen Stundenwinkel QV des Frühlingspunktes, der für irgend einen Augenblick Statt hat, auch die **Sternzeit** dieses Augenblickes, ganz eben so, wie wir oben (§. 19. I.) den Stundenwinkel der Sonne in jedem Augenblicke die wahre Sonnenzeit dieses Augenblicks genannt haben, so daß es Null Uhr Sternzeit ist, wenn der Frühlingspunkt durch den oberen Theil ZQ des Meridians geht, und 12 Uhr Sternzeit, wenn er durch den unteren Theil HZ′ des Meridians geht. Auch heißt das Zeitintervall zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne der **Sonnentag**, und eben so die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen des Frühlingspunkts der **Sterntag**.

Bemerken wir noch, daß, wenn von den drei Größen, Rectascension eines Sterns, Stundenwinkel desselben und Sternzeit der Beobachtung, zwei gegeben sind, die dritte auch durch jene zwei gegeben ist, auch wenn der Stern irgendwo vor oder nach seiner Culmination außer dem Meridian steht. So hat man z. B. für den Stern S′ die Rectascension VQ′, den Stundenwinkel QQ′ und die Sternzeit VQ. Es ist aber immer $VQ = VQ' + Q'Q$, das heißt, die Sternzeit der Beobachtung ist immer gleich der Summe der Rectascension und des Stundenwinkels des Sterns. Ist der Stern, zur Zeit seiner Culmination, in dem Meridian, so ist sein Stundenwinkel Null und daher die Sternzeit der Beobachtung gleich der Rectascension des culminirenden Sterns, wie zuvor.

§. 29. (Zusammenstellung des Vorhergehenden.) Zur bequemen Uebersicht wollen wir die Fig. 1 noch einmal einfacher und nur in ihren vorzüglichsten Bestandtheilen in Fig. 2 wieder geben und dabei dieselben Zeichen, wie zuvor, gebrauchen. Hier ist also

Z das Zenith des Horizonts HWR,

N der Nordpol des Aequators AWQ und

E der Nordpol der Ekliptik MVL. Ferner sind

die Punkte H, W, R und V in derselben Ordnung Nord,

West, Süd und der Frühlingspunkt und HN = QZ ist die Polhöhe des Beobachtungsortes, dessen Zenith Z ist.

Zieht man durch die drei genannten Pole Z, N und E in derselben Ordnung auf die drei Kreise HWR, AWQ und MVL die senkrechten Kreise ZR′, NQ′ und EL′, so sind diese letzten Kreise die Höhen-, Deklinations- und Breitenkreise des Sterns S′ und man nennt den Bogen dieser Kreise

S′ R′ die Höbe,
S′ Q′ die Deklination und
S′ L′ die Breite des Sterns S′.

Endlich ist RZR′ = RR′ das Azimut,
QNQ′ = QQ′ der Stundenwinkel,
VNQ′ = VQ′ die Rectascension und
VEL′ = VL′ die Länge des Sterns S′, so wie VNQ = VQ den Stundenwinkel des Frühlingspunkts oder die Sternzeit bezeichnet.

§. 30. (Einrichtung des Globus.) Um der Imagination derjenigen Leser zu Hilfe zu kommen, die nicht gewohnt sind, was von Kugelflächen gesagt wird, in einer Ebene dargestellt zu sehen, wie dieß in den beiden vorhergehenden Zeichnungen geschehen ist, wird es räthlich seyn, sich das bisher Gesagte auch durch den Anblick eines sogenannten Globus zu versinnlichen. Man sieht einen solchen in Fig. 3 abgebildet. Da übrigens auf einem solchen Instrumente alle oben erwähnten Kreise und Winkel, der Natur derselben ganz gemäß, dargestellt werden, so wird es zweckmäßig erscheinen, die Einrichtung und den Gebrauch desselben hier kurz zu erläutern.

I. Man hat von demselben bekanntlich zwei Gattungen, den Himmels- und den Erd-Globus, von welchen jener die Oberfläche des Himmels und dieser die der Erde darstellt. Die gegenwärtige Zeichnung bezieht sich auf einen Himmelsglobus, in dessen Mittelpunkt man sich wieder, wie in Fig. 1, den Mittelpunkt der Erde denken kann, so daß die Ebenen der himmlischen Kreise auf der größeren Kugel, dort wo sie die kleineren der Erde schneiden, wieder die analogen irdischen Kreise, wie in §. 2 gesagt worden ist, anzeigen.

II. Der Himmelsglobus also besteht in einer Kugel, die in

zwei einander gegenüberstehenden Punkten N und N′ durch zwei Stifte in einem, in Grade getheilten, metallenen Ringe NQZ′ B so befestigt ist, daß sich diese Kugel um die gerade Linie NN′, als um eine Axe, frei drehen läßt. Dieser Ring ruht auf einem Fußgestelle HTRW, dessen oberer Rand HR einen ebenfalls eingetheilten Ring trägt. Der Stift bei N, der sich mit der Kugel zugleich dreht, trägt einen Zeiger, der auf einem, an dem metallenen Ringe befestigten und in 24 Stunden getheilten Kreise ab, der sogenannten Rose, sich bewegt.

III. Die beiden Punkte N und N′ stellen die Weltpole und die gerade Linie NN′ die Weltaxe vor. In gleichen Entfernungen von den beiden Polen ist der Aequator AVQ (§. 11) mit seinen durch L, S′, D . . gehenden Parallelkreisen (§. 24) und die Ekliptik VL′ L (§. 22. II). Die durch N und N′, also senkrecht auf dem Aequator gehenden Kreise, wie NQN′, NQ′ N, NVN′ . . sind Deklinations- oder Stundenkreise (§. 23). Bezeichnet daher wieder V den Frühlingspunkt und S′ irgend ein Gestirn, so wird, wenn S′ L senkrecht auf der Ekliptik ist, VQ′ die Rectascension, QS′ die Deklination, VL′ die Länge, L′ S′ die Breite des Gestirns S′ seyn.

IV. Der erwähnte metallene Ring NQZ′ B, der immer mit dem Deklinationskreise der Kugel zusammenfällt, stellt den fixen Meridian (§. 14) und der Kreis HR des Fußgestelles stellt den Horizont (§. 8) des Beobachters vor, dessen Zenith Z und Nadir Z′ ist. Man denkt sich daher diesen Beobachter auf dem höchsten Punkt der Erde oder in dem obersten Punkte desjenigen Erddurchmessers, der verlängert durch die beiden Punkte Z und Z′ des Himmels geht, weil in der That jeder Beobachter immer den höchsten Punkt der Erdoberfläche einzunehmen glaubt.

§. 31. (Orientirung des Globus.) Um den Globus für jede gegebene Zeit so zu stellen, daß er ein getreues Bild des Himmels für diese Zeit darstellt, oder um ihn zu orientiren, hat man Folgendes zu beobachten:

I. Bewegt man den metallenen Ring BNZQ in der horizontalen Scheibe HR so lange auf oder nieder, bis der Bogen HN der Polhöhe des gegebenen Beobachtungsortes gleich ist, was man an der Eintheilung jenes Ringes erkennt. Dadurch wird zugleich

das Zenith Z′ dieses Beobachtungsortes in den höchsten Punkt des Globus gebracht.

II. Dann sucht man in dem auf der horizontalen Scheibe HR angebrachten Verzeichnisse der Länge VL′ die Sonne für den gegebenen Tag, wodurch man den Punkt L′ des Himmels erhält, in welchem, an diesem Tage, die Sonne sich aufhält. Man dreht dann den Globus um seine Axe NN′ so lange, bis dieser Ort L′ unter den oberen Theil NQH des Meridians oder des metallenen Kreises kömmt und stellt, für diesen Stand des Globus, den Zeiger der Rose auf 12 Uhr.

III. Endlich dreht man das ganze Gestelle sammt seinem Globus so, daß die Linie HR mit der Mittagslinie (§. 15) des Beobachtungsorts nahe übereinstimmt, so daß der Punkt H nach Nord und R nach Süd gerichtet ist. Zu diesem Zwecke hat man gewöhnlich an dem Fußgestelle eine kleine Magnetnadel angebracht, die aber entbehrt werden kann, da diese letzte Stellung keineswegs eine große Genauigkeit erfordert.

Auf diese Weise geordnet, zeigt der Globus den Zustand des Himmels so, wie er für den gewählten Beobachtungsort im Mittage des gegebenen Jahres statt hat. Dreht man dann die Kugel, ohne das Instrument weiter zu verrücken, gegen West oder von L′ nach V, bis der Zeiger der Rose ab auf 6, 12, 18 . . Stunden fällt, so erhält man das Bild des Himmels, wie er an demselben Beobachtungsorte um 6 Uhr Abends, um Mitternacht, um 6 Uhr Morgens . . . erscheint.

Hat man so den Globus für eine gegenwärtige Stunde der Nacht gestellt, so wird man diejenigen Sterne, die man am Himmel kennen lernen will, durch gerade Linien, bloß nach dem Augenmaße, mit dem Mittelpunkte des Globus verbinden und in den Durchschnittspunkten dieser Linien mit der Oberfläche des Globus, das Sternbild und die Namen der Sterne, die man sucht, verzeichnet finden. Auf diese einfache Weise wird man in kurzer Zeit den ganzen Himmel mit allen seinen vorzüglichsten Gestirnen kennen lernen. Man wird zugleich sehen, daß alle die Sterne, die auf dem Globus im Horizonte auf der Ostseite der Linie HR liegen, in dem gewählten Augenblicke eben aufgehen, während die auf der Westseite untergehen und während zugleich die, welche sich unter

dem Meridiane HNZQ befinden, eben culminiren; man wird die Zeit des Auf- und Untergangs, so wie die der Culmination jedes einzelnen Sterns auf der Rose ablesen, die Größe der Tag- und Nachtbogen derselben bestimmen u. s. f. Kurz, man wird sich auf diese Weise ohne alle Mühe und gleichsam nur spielend von dem jedesmaligen Zustande des Himmels Rechenschaft geben, eine große Anzahl interessanter Fragen ohne alle Rechnung auflösen, und zu gleicher Zeit sich in den Stand setzen, die nun folgenden Betrachtungen, durch Versinnlichung derselben an dem Globus, leichter und deutlicher zu übersehen.

Erster Theil.

Kapitel I.

Gestalt der Erde.

§. 1. (Erscheinungen am Himmel und auf der Erde). Die Erde erscheint uns auf den ersten Blick als eine, nach allen Seiten endlos ausgebreitete Ebene, unter welcher uns alles fest und sicher dünkt, und über welcher sich der Himmel mit seinen Wolken und Gestirnen in der Gestalt einer Halbkugel wölbt. Da wir in der That von unseren höchsten Thürmen und Gebirgen diejenigen Theile der Erde, die wir von jenen Standpunkten übersehen, einige Erhöhungen und Vertiefungen ausgenommen, immer nur als eine Ebene erblicken, eine Erscheinung, die auf der hohen glatten See noch viel deutlicher hervortritt, so sind wir dadurch veranlaßt, die ganze Erde selbst für eine solche Ebene zu halten, über welcher der Himmel, gleich einem Gewölbe, ausgespannt ist. Dieß war ohne Zweifel die ganze Astronomie der ersten Menschen; dieß ist noch die Astronomie der Wilden in Afrika und Amerika, und wohl auch die vieler Zahmen in Europa, die sich selbst, in ihrer Bescheidenheit, zum Unterschiede von jenen, die Gebildeten zu nennen pflegen. — Aber, wie weit ist es von diesem ersten gedankenlosen Anstaunen des Himmels und der Erde bis zu jener Ansicht, welche alle Erscheinungen derselben, und den Zustand des ganzen Weltsystemes, in den vergangenen und künftigen Zeiten, gleichsam mit einem einzigen Blicke zu umfassen vermag.

Um dahin zu gelangen, mußten Jahrtausende von aufmerksamen Beobachtungen vorausgehen; mußte eine lange Reihe von Täuschungen und Irrthümern bekämpft, mußte der Fleiß und der Scharfsinn der trefflichsten Männer aller Zeiten und Nationen vereinigt werden, um in den äußerst verwickelten Phänomenen, welche uns der gestirnte Himmel darbietet, die bloße Erscheinung von der ihr zu Grunde liegenden Wahrheit zu trennen, um in diesen Erscheinungen die ihnen zu Grunde liegenden Thatsachen zu erkennen, und um endlich von diesen Thatsachen sich bis zu dem Gesetze, dem sie alle gehorchen, bis zu dem Alles umfassenden Prinzip der allgemeinen Gravitation, zu erheben, aus welchem alle jene Phänomene, wie aus einer gemeinschaftlichen Quelle, abgeleitet werden können.

Dieß ist der Weg, welchen der menschliche Geist in dieser Wissenschaft zurückgelegt hat, und welchen ich im gegenwärtigen Werke zu zeichnen versuchen will.

Soll ein Unternehmen solcher Art nach dieser Einleitung, noch einer Apologie des Verfassers, oder einer Aufmunterung des Lehrers bedürfen? — Die Astronomie ist der Stolz des menschlichen Geistes, und ihr Gegenstand ist das Weltall, das Größte und Herrlichste, das uns umgibt. — Wir wollen hören, wie der Mensch zur Erkenntniß dieses erhabenen Gegenstandes gekommen ist, und mit unseren eigenen Augen wollen wir sehen, wie die Himmel die Ehre Dessen erzählen, der sie gemacht hat. In manchen Minen soll es Menschen geben, die dort geboren und begraben werden, ohne je die Sonne und die Gestirne gesehen zu haben. Diese Bedaurungswürdigen aber, wie wenig sind sie von jenen Unglücklichen verschieden, die wohl auf der Oberfläche der Erde leben, aber darum nichts bemerken von allen den Herrlichkeiten, die sie umgeben, die stumm und fühllos stehen in einer Welt voll Wundern, und deren Augen jenem Lichte verschlossen bleiben, welches für andere Menschen, und selbst für Wesen höherer Art, nichts anderes als die Quelle der edelsten und erhabensten Genüsse seyn muß. Die Astronomie ist es, welche uns diese Augen des Geistes öffnet, und uns die Wunder einer Welt entschleiert, die beinahe nur von Blinden bewohnt wird.

§. 2. (Die Erde ist keine Ebene, und hat keine Unterstützung). Es genügte vielleicht schon eine geringe Aufmerksamkeit, die Unrichtigkeit der oben angeführten Ansicht, einer nach allen Seiten ihrer Gränzen ausgebreiteten ebenen Erde, mit der sicheren Grundlage unter ihr, auf der sie, wie man wähnte, ruhen sollte, zu bemerken. Man sah täglich die Sonne im Osten auf- und im Westen untergehen, und konnte doch nicht zweifeln, daß es immer dieselbe Sonne ist, welche dieses Schauspiel mit jedem neuen Tage vor uns aufführt! — Wo war sie aber während der Nacht? und was geht mit dem Monde und mit allen anderen Gestirnen des Himmels vor, die uns ebenfalls täglich im Westen verschwinden, um bald darauf im Osten wieder sichtbar zu werden? Sie sind doch offenbar dieselben, die wir gestern, die wir alle Tage schon gesehen haben. — Sie müssen also wohl unter uns, unter der Erde durchgegangen seyn, so daß wir von den Kreisen, die sie um uns beschreiben, nur denjenigen Theil erblicken, der über der Erde steht, während der andere Theil derselben, der auf der anderen Seite, unter der Erde liegt, uns von dieser Erde selbst bedeckt, und daher für uns unsichtbar ist. Die Erde kann also erstens kein endlos ausgedehnter Körper seyn, wie wir anfangs glaubten, sondern sie muß, so groß sie auch übrigens seyn mag, doch immer in bestimmte Gränzen eingeschlossen seyn, weil sonst jene Gestirne nicht um sie gehen könnten.

Auch werden wir wohl zweitens den Glauben an ihren festen Stand, an die sichere Unterlage, auf der sie ruhen soll, aufgeben müssen, so sehr wir auch gewohnt seyn mögen, die Erde als das Symbol der Festigkeit zu betrachten, und so sicher wir uns auch bisher dünken mochten, wenn wir nur unseren Fuß auf die „dauernde, und wohlbegründete Erde" setzen konnten. Denn welcher Art sollte jene Unterlage wohl seyn, wenn sie die ganze schwere Erde tragen, und nicht selbst wieder einer anderen Unterlage bedürfen sollte, und worauf sollte die letzte aller dieser Unterlagen selbst ruhen? Jene Gestirne endlich, wenn sie, wie wir gesehen haben, ihre Bahnen unter der Erde fortsetzen, sollen sie jene Unterlage vermeiden, oder durchbrechen, oder in zahllosen Kanälen sich ihre Wege durch dieses Hinderniß bahnen? — Wir werden also wohl auch diese ganze Unterlage aufgeben, und an-

nehmen müssen, daß die Erde nicht nur in horizontaler Richtung, sondern auch auf ihrer unteren Seite ebensowohl ein begränzter Körper ist, wie wir dieses auf der oberen Seite derselben, auf der wir uns selbst befinden, bemerken. Welche Gestalt also diese unsere Erde auch haben mag; sie ist ein ringsum abgeschlossener Körper, dessen Oberfläche in allen seinen Theilen, mit der sie umgebenden Luft, oder doch mit dem übrigen Weltraume in Verbindung steht, und da sie, wie wir gesehen haben, keine Unterlage haben kann, wenn anders noch die Sterne sich um sie bewegen sollen; so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, daß sie frei in diesem Weltraume hängt, oder daß irgend ein unsichtbares, ein uns unbekanntes Band sie an dieser Stelle des Himmels festhält. Ein kühner Gedanke für den, der ihn zuerst gedacht hat, obschon er, wenn er anders folgerecht denken sollte, beinahe dazu gezwungen wurde.

§. 3. (Kugelgestalt der Erde). Noch ist drittens die äußere Form dieser im Himmelsraume freischwebenden Erde zu bestimmen übrig. Hat sie die Gestalt eines Würfels, eines Cilinders oder irgend eines andern Körpers? Solche Fragen können offenbar nicht durch Schlüsse, sondern sie müssen durch Beobachtungen entschieden werden, und gewiß, wenn wir unsere Erde aus recht großer Entfernung, etwa aus dem Monde sehen, oder wenn wir sie ganz übersehen könnten, wir würden mit dieser unserer Untersuchung bald im Reinen seyn. Da wir aber an sie gebunden, und da alle Wege die zum Monde führen, uns unbekannt sind, so wollen wir uns wenigstens so weit über sie erheben als wir eben dürfen, um, weil wir das Ganze nicht übersehen können, doch einen möglichst großen Theil desselben zu erblicken.

Unsere Berge, besonders die isolirt in der Ebene stehenden, bieten uns dazu ein gutes Mittel. Und wie erscheint uns da der Theil der Erde, den wir von dem Gipfel jener Berge übersehen? — Durchaus in der Gestalt eines Kreises, über dessen Mittelpunkt wir selbst zu stehen glauben. Immer sehen wir die äußersten Gegenstände der Erde, die unseren Gesichtskreis begränzen, in gleicher Entfernung von unseren Augen, und alle gleich tief unter uns. Die schärfsten Messungen mit dazu geeigneten Instrumenten bestätigen diese Erscheinung vollkommen, und auf

der hohen See tritt sie selbst auf den ersten Blick als eine nicht weiter zu bezweifelnde Thatsache hervor. Die Schiffer nehmen bei allen ihren Beobachtungen auf diese Erscheinung Rücksicht, die bei ihnen unter der Benennung der Depression des Horizonts [Einl. §. 8] bekannt ist.

Wenn uns aber die Oberfläche der Erde überall, wo wir sie aus einem Punkte über ihr betrachten, von einem Kreise begränzt erscheint, so muß diese Erde selbst offenbar die Gestalt einer Kugel haben, da nur bei der Kugel in allen ihren Theilen jene Erscheinung Statt haben kann.

§. 4. (Wieviel wir von der Erde in größeren Höhen übersehen). Bleiben wir einen Augenblick bei diesem Gegenstande stehen, um ihn etwas näher zu betrachten. — Wir werden weiter unten sehen, daß der Halbmesser dieser Kugel 19.631.114 Pariser Fuß, oder nahe $859^3/_{10}$ deutsche Meilen beträgt, von welchen eine der 15te Theil eines Grades des Umfanges der Erde ist, und daher $22.841^8/_{10}$ Par. Fuß hat. Dieß vorausgesetzt, wie viel übersehen wir von der Erde von der Spitze eines Thurmes, oder von dem Gipfel eines Berges, dessen Höhe gegeben ist, und unter welchem Winkel erscheint uns, in jener Höhe, dieser von dort sichtbare Theil der Erde?

Es ist für sich klar, daß wir immer mehr von dieser kugelförmigen Erde übersehen werden, je höher wir steigen, und daß zugleich der uns sichtbare Theil der Erde, obschon er, wenn wir uns über ihn erheben, an sich selbst immer größer wird, doch sich unserem Auge unter einem geringeren Winkel darstellen, oder immer kleiner erscheinen wird. So werden wir ganz nahe über der Oberfläche der Erde, in der geringen Höhe von $13^7/_{10}$ Fuß, auf der offenen See einen Kreis derselben übersehen, dessen Peripherie in allen ihren Punkten nahe eine Meile von uns entfernt ist, aber dieser Halbmesser von einer deutschen Meile steht uns so nahe, daß er uns unter einem sehr großen Winkel erscheint, der nur vier Minuten kleiner ist als ein Quadrant, der also beinahe ein rechter Winkel ist, oder mit anderen Worten, die geraden Linien aus unserem Auge an alle Punkte der Peripherie werden nur äußerst wenig unter dem Horizont geneigt seyn, und jener Kreis selbst, also auch mit ihm die ganze sichtbare Erde, wird

uns als eine nahe horizontale Ebene erscheinen. Könnten wir uns aber so weit, als der Mond, von unserer Erde entfernen, der, wie wir später sehen werden, 50.740 Meilen von der Oberfläche der Erde absteht, so würden wir, von diesem weiten Standpunkte aus, einen viel größeren kreisförmigen Theil der Erde übersehen, dessen Peripherie von dem mittleren Punkte dieser sichtbaren Erdfläche ringsum 1.335 Meilen absteht, d. h. wir würden von dem Monde aus beinahe die ganze zu uns gekehrte Hälfte der Erde, deren Umkreis 5.356 M. beträgt, übersehen, aber dessenungeachtet würde uns diese ganze große Kugel nur unter dem sehr kleinen Winkel von noch nicht zwei Graden oder noch nicht einmal viermal so groß im Durchmesser erscheinen, als wir jetzt den Mond oder auch die scheinbar nahe gleich große Sonne am Himmel erblicken. Sey C (Fig. 4) der Mittelpunkt der kugelförmigen Erde BFD und ein Beobachter a in der Höhe Ba, so wie ein zweiter A in der Höhe BA über der Oberfläche der Erde. Zieht man von diesen Punkten a und A die geraden Linien at und AF, welche die Erde in t und T berühren, so stellen tt′ und TT′ die Peripherien der Kreise vor, welche die aus a und A sichtbaren Theile der Erde begränzen, und man kann Bt und BT die Halbmesser dieser Kreise, so wie die Winkel Cat und CAT, unter welchen diese Halbmesser dem Beobachter in a und A erscheinen, die Gesichtswinkel derselben nennen. Der bloße Anblick der Zeichnung zeigt, daß, wenn die Höhe des Beobachters über der Erde wächst, auch jene Halbmesser wachsen, und im Gegentheile jene Gesichtswinkel abnehmen.

Folgende Tafel gibt eine leichte Uebersicht dieser Größen. Die erste Columne enthält die Höhe BA des Beobachters über der Oberfläche der Erde, die zweite gibt den Halbmesser BT oder die Hälfte des sichtbaren Kreises in deutschen Meilen, beide in Pariser-Fuß ausgedrückt, und die dritte endlich gibt den Gesichtswinkel CAT, unter welchem dieser Halbmesser dem Auge in A erscheint.

Höhe, Fuß.	Halbmesser, Fuß.	Gesichtswinkel.
10	19.804	$89^\circ\ 56'_5$
20	28.022	$89^\circ\ 55'_1$
30	34.310	$89^\circ\ 54'_0$
40	39.618	$89^\circ\ 53'_1$
50	44.295	$89^\circ\ 52'_2$
100	62.642	$89^\circ\ 49'_0$
200	88.590	$89^\circ\ 44'_5$
300	108.500	$89^\circ\ 41'_0$
400	125.260	$89^\circ\ 38'_1$
500	140.070	$89^\circ\ 35'_5$
1.000	198.090	$89^\circ\ 25'_3$
2.000	280.150	$89^\circ\ 10'_9$
3.000	343.100	$89^\circ\ 0'_0$
4.000	396.180	$88^\circ\ 50'_6$
5.000	442.950	$88^\circ\ 42'_4$
10.000	626.400	$88^\circ\ 10'_2$
15.000	767.200	$87^\circ\ 45'_6$
20.000	885.890	$87^\circ\ 24'_8$
25.000	990.450	$87^\circ\ 6'_5$

Dividirt man diese Halbmesser oder die Zahl der zweiten Columne durch 22.842, so erhält man die Werthe derselben in deutschen Meilen. So findet man z. B. für die vier letzten Angaben der Tafel, daß man von dem Pic in Teneriffa (Höhe 10.000 P. Fuß) einen Umkreis der Erde von 27 Meilen im Halbmesser übersehen kann, und daß dieser Halbmesser für den Montblanc (Höhe 15,000 P. F) 34, für den Chimborasso (Höhe 20.000 P. Fuß) 39, und endlich für den Gipfel des Dhawalagiri im Himalaja-Gebirge (Höhe 25.000 P. Fuß) nahe 39 d. Meilen beträgt, während er, wie wir bereits oben gesehen haben, für den Mond (Höhe 50.740 Meilen) auf 1.335 Meilen oder sehr nahe auf den 4ten Theil der Oberfläche der Erde sich ausbreitet. Nahe auf dieselbe Höhe von 25.000 Fuß erhoben sich auch Biot und Gay-Lussac in ihren aeronautischen Expeditionen, und diese Höhe ist überhaupt die größte, welche Menschen bisher erreicht haben.

§. 5. (Größe der Erde). Beobachtungen dieser Art, welche uns die kugelförmige Gestalt der Erde kennen lehrten, könn-

ten uns zugleich, was wohl nicht weniger interessant wäre, von der eigentlichen Größe dieser Kugel unterrichten. Nähmen wir z. B. an, daß man für eine Höhe BA von 10.000 P. Fuß durch irgend eine Messung den Halbmesser BT jenes sichtbaren Kreises 626.400 Fuß gefunden hätte, — eine sehr einfache Rechnung würde uns dann aus diesen beiden Zahlen den Halbmesser der Erde geben. Er würde nämlich gleich seyn der Hälfte des Quadrats der ersten Zahl 626.400, dividirt durch die zweite oder durch 10.000. Führt man diese kleine Rechnung aus, so findet man für den Halbmesser der Erde 19.620.000 P. Fuß, oder $859^3/_{10}$ d. M. wie zuvor. Kennt man aber den Halbmesser einer Kugel, so ist es bekanntlich sehr leicht, auch die Peripherie und die Fläche eines größten Kreises derselben, so wie die Oberfläche und den körperlichen Inhalt der Kugel selbst zu finden *). Allein diese Beobachtungen sind sehr schwer mit der wünschenswerthen Genauigkeit anzustellen, weil die Atmosphäre, wie wir weiter unten sehen werden, alle Gegenstände, die wir durch sie erblicken, verstellt, so daß sie uns an ganz anderen Orten, als wo sie in der That sind, erscheinen, eine Verrückung, die besonders in der Nähe des Horizonts, wo jene Beobachtungen angestellt werden sollen, so groß, und so verwickelt ist, daß man auf alle Präcision in den Resultaten solcher Experimente Verzicht leisten muß.

§. 6. (Folgen der Kugelgestalt der Erde). Wir wollen uns daher begnügen, die wahre Gestalt der Erde auf diesem Wege erkannt zu haben. Unser Wohnort ist also, wie wir gesehen haben, keine Ebene, die sich ohne Ende in die Tiefe, und ohne Gränzen nach der Seite ausdehnt, sondern sie ist eine Kugel, die ohne

---

*) Ist nämlich r der Halbmesser der Kugel, und π die Zahl 31.415.926, so ist die Peripherie eines größten Kreises derselben $2r\pi$ und die Fläche dieses Kreises $rr\pi$; die Oberfläche der Kugel selbst aber $4rr\pi$ und endlich ihr Volumen oder ihr körperlicher Inhalt $^4/_3rrr\pi$. Nimmt man, wie zuvor, r gleich $859^3/_{10}$ Meilen, so findet man für die Peripherie des größten Kreises der Erde 5.399 Meilen, und die Fläche desselben 2.319.740 Quadrat-Meilen. Die Fläche der ganzen Kugel aber 9.278.960 Quadrat-Meilen, und das Volumen derselben 2.657.804.000 Kubik-Meilen.

Unterstützung frei im Weltraume schwebt, wie der Mond und die Sonne, die wir ebenfalls unter derselben kugelförmigen Gestalt am Himmel schweben sehen. Diese Sonne bringt uns den Tag, so oft sie in Osten erscheint, und die von uns bewohnten Gegenden mit ihren Strahlen beleuchtet. Wenn sie aber ihren Lauf, an dem uns sichtbaren Gewölbe des Himmels, über uns vollendet hat, und am Abend jedes Tages unseren Augen verschwindet, so legt sie den übrigen Theil ihrer täglichen Bahn auf der anderen Seite der Erde, also unter uns, zurück, und beleuchtet die uns entgegengesetzten Gegenden der Erdkugel, die sie dann mit dem Lichte des Tages erfreut, während wir im Schatten der Nacht ruhen, bis uns die Morgenröthe in Osten aus unseren Träumen weckt, und wir einem neuen Tag entgegen gehen, während jene wieder von dem dunklen Mantel der kommenden Nacht bedeckt werden. So wechseln Licht und Schatten auf unserer kugelförmigen Erde, Tag und Nacht haben sie zu gleichen Hälften unter sich getheilt, und dieselbe Sonne ist es, die, täglich ihren Kreislauf um die Erde vollendend, allmählig alle Gegenden derselben mit ihren wohlthätigen Strahlen beleuchtet und erwärmt.

— — Redit a nobis aurora diemque reducit
Nosque, ubi primus equis Oriens afflavit anhelis,
Illic sera rubens accendit lumina Vesper.

Georgi.

Wir werden später die Mittel kennen lernen, die Gestalt sowohl, als auch die Größe der Erde mit der äußersten Genauigkeit zu bestimmen. Hier wird es genügen, noch einige Bemerkungen anzuführen, durch welche die bereits erkannte Kugelgestalt der Erde bestätigt wird, und die sämmtlich der Art sind, daß sie keine weiteren Vorkenntnisse voraussetzen, und daher auch schon in den frühesten Zeiten angestellt werden konnten.

§. 7. (Beweise der Kugelgestalt der Erde: I. Aus der Ansicht ferner Gegenstände). Wenn Reisende in einer Ebene sich fernen Bergen oder einem hohen Thurme allmählig nähern, so erblicken sie bekanntlich zuerst die höchsten Spitzen, und erst später die immer tiefer liegenden Theile derselben. Noch deutlicher tritt diese Erscheinung auf der hohen See hervor, wo die am Ufer stehenden Zuschauer von dem absegelnden, und sich immer mehr

von ihnen entfernenden Schiffe zuerst die untersten Theile desselben aus dem Gesichte verlieren, und zuletzt, ehe das Ganze verschwindet, nur noch die höchsten Spitzen der Maste erblicken. Da diese Erscheinung auf allen Orten der Erde Statt hat, so muß diese selbst eine runde Gestalt haben, und kann keine Ebene seyn, weil in dem letztern Falle jenes Schiff, gleich einem Vogel oder einem Luftballone, je weiter er sich von uns entfernt, nicht, wie zuvor bloß an seiner unteren Seite unsichtbar, sondern in allen seinen Theilen zugleich kleiner werden, und endlich als ein für unser Auge unsichtbarer Punkt gänzlich verschwinden müßte.

§. 8. (II. Aus Reisen in der Richtung des Meridians). Jedermann kennt das schöne Sternbild am nördlichen Himmel, welches man den großen Bären oder auch den Wagen nennt. Es besteht vorzüglich aus sieben großen Sternen, deren vier wie die Räder eines Wagens sehr nahe ein regelmäßiges Viereck bilden, während die drei anderen die etwas gekrümmte Deichsel vorstellen. Wenn man durch die beiden Hinterräder desselben eine gerade Linie zieht, und die Verlängerung desselben gegen Norden, fünfmal so groß nimmt, als die Distanz dieser zwei Räder, so trifft das Ende dieser Linie einen anderen schönen Stern, den man den Polarstern nennt. Dieser wichtige Stern, von welchem wir später noch oft sprechen werden, steht beinahe in völliger Ruhe am Himmel, während alle anderen täglich kleinere oder größere Kreise um ihn zu beschreiben scheinen. Wenn man auf der Erde in der Richtung von Süd nach Nord gleichsam auf den Polarstern zureist, so erhebt sich jener Stern immer mehr über unseren Horizont, und zwar in demselben Verhältnisse, in welchen man gegen Norden vorrückt. Eine solche Reise in der Richtung von Süd gegen Nord würde z. B. die von Rom über Venedig, Regensburg und Leipzig nach Rostock seyn. In Rom aber sieht man den Polarstern in der Höhe von 42 Graden über dem Horizonte, während er in Rostock 12 Grade höher oder in der Höhe von 54 Graden über dem Horizont dieser letzten Stadt erscheint. Allein die Distanz dieser beiden Orte auf der Erde beträgt 180 d. Meilen. Da aber, nach dem Vorhergehenden, 15 d. Meilen auf einen Grad des Umfangs der Erde geben, so betragen diese 180 Meilen ebenfalls 12 Grade auf der Oberfläche

der Erde oder genau ebensoviel, als jene Erhöhung des Polarsternes auf der Oberfläche des Himmels, wie dieses seyn muß, wenn die Erde in der That die Gestalt einer Kugel haben soll.

§. 9. (III. Aus den sogenannten Reisen um die Welt). Wir wissen ferner, daß unsere sogenannten Weltumsegler, wenn sie ihren Cours immer in derselben Richtung z. B. von Ost nach West beibehalten, also sich scheinbar immer weiter von ihrem Abfahrtspunkte entfernen, daß sie doch am Ende ihrer Reise wieder an demselben Punkte ankommen, von welchem sie ausgegangen sind, was unmöglich wäre, wenn die Erde die Gestalt einer Ebene hätte. Ebenso entfernen sich zwei solcher Schiffe, die aus demselben Hafen, das eine nach West, und das andere nach Ost auslaufen, nicht immer von einander, wie dieses auf einer Ebene der Fall seyn müßte, sondern sie begegnen einander auf halbem Wege, obschon sie in der That immer in derselben Richtung, und zwar auf einer scheinbaren Ebene fortzusegeln wähnten, ohne irgendwo eine Ecke oder einen Abgrund zu treffen, der sie in ihrem Laufe aufgehalten hätte.

§. 10. (IV. Aus Mondesfinsternissen). Wer ferner je eine Mondesfinsterniß angesehen hat und weiß, daß sie entsteht, wenn der Mond in den Schatten tritt, welchen die von der Sonne beleuchtete Erde hinter sich wirft, dem wird der bloße Anblick dieser Erscheinung schon einen Beweis mehr für die runde Gestalt der Erde geben. Die Gränze des Erdschattens erscheint nämlich, bei diesen Finsternissen, auf der kugelförmigen Oberfläche des Mondes immer rund, zum Zeichen, daß die Erde selbst, welche diesen Schatten wirft, auch rund seyn müsse. Zwar könnte man einwenden, daß auch dann, wenn die Erde, und daher auch ihr Schatten, eine Ebene wären, der letzte auf dem Monde doch rund erscheinen müßte. In der That ist der Schnitt einer Kugel, also auch des Mondes, mit einer Ebene immer ein Kreis, und ein Kreis muß allen denen, welche außer der Ebene desselben, und schief gegen dieselbe stehen, als eine Elipse, also als eine krumme Linie erscheinen. Allein wir, die Bewohner der Erde, sind zur Zeit jener Finsternisse immer sehr nahe in der Ebene jenes Kreises, und dieser Kreis oder diese Schattengränze müßte uns daher auf dem Monde als eine gerade Linie erscheinen, wenn diese

Schattengränze selbst eine Ebene wäre. Da dieß aber gegen die Erfahrung ist, oder da uns diese Gränze immer krumm erscheint, so muß auch unsere Erde selbst eine krumme Gestalt haben.

§. 11. (V. Aus der Gestalt anderer Gestirne). Als endlich im sechzehnten Jahrhunderte die Fernröhre erfunden wurden, bemerkte man auch an mehreren anderen Himmelskörpern dieselbe Kugelgestalt, die man denn auch sehr bald als die Lieblingsform der Natur erkannte, bis sie endlich durch die Theorie der allgemeinen Schwere, nur mit einigen kleinen Abweichungen, von welchen wir später reden werden, als die einzig mögliche erkannt und bewiesen worden ist. Sonne und Mond und alle Planeten mit ihren Satelliten haben diese Gestalt; warum sollte allein die von uns bewohnte Erde sie nicht auch haben? Ein dunkles Gefühl scheint uns bereits aus den wenigen vorhergehenden Betrachtungen zuzurufen, daß wir bisher im Irrthume waren, wenn wir die Erde, unseren Wohnort, als etwas Eigenes, für sich Bestehendes ansahen, dergleichen nicht weiter in der übrigen Welt zu finden sey, ja der zu Liebe wohl, wie wir früher wähnten, alles andere da seyn soll, und daß wir uns daher bei Zeiten gewöhnen müssen, in dieser Erde nicht sowohl unseren ausschließenden Wohnort, als vielmehr einen der großen Himmelskörper mehr zu erblicken, welche den Weltraum um uns erfüllen, von deren Chor wir nur einen, und wie wir bald sehen werden, einen sehr kleinen Theil ausmachen.

Kapitel II.

Tägliche Bewegung der Erde.

§. 12. (Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels). Wir haben bereits gesehen, daß der ganze Himmel mit allen seinen Gestirnen täglich einmal von Ost gegen West um unsere Erde sich bewege. So scheint es allerdings uns Allen, daher denn auch diese Meinung nicht nur von dem gemeinen Manne, sondern auch, in den früheren Zeiten wenigstens, von den sogenannten Weisen so einstimmig angenommen wurde, daß man sie endlich durch eine sonderbare Vermischung der Begriffe, für eine unantastbare Wahrheit zu betrachten anfing, an der zu zweifeln sogar für ein Verbrechen gehalten werden konnte.

Ehe wir aber die Richtigkeit dieser Meinung untersuchen, wird es nöthig seyn, die Erscheinung selbst, welche ihr zu Grunde liegt, näher zu betrachten.

Wenn sich eine Kugel um einen durch ihren Mittelpunkt gehenden Stab, als um eine Achse, dreht, so wird jeder Punkt der Oberfläche dieser Kugel einen Kreis beschreiben, dessen Ebene senkrecht auf dieser Achse, und dessen Mittelpunkt irgendwo in dieser Achse liegen wird. Der größte aller dieser Kreise wird jener seyn, dessen Mittelpunkt zugleich der Mittelpunkt der Kugel ist, und zu beiden Seiten dieses Kreises werden die übrigen Kreise gleichmäßig immer kleiner werden, bis sie endlich, in den beiden Endpunkten jener Achse, verschwinden, oder bloß in zwei Punkte übergehen, die allein von allen Punkten der rotirenden Kugelfläche,

sich nicht bewegen. Diese beiden festen Punkte, von welchen jeder einzelne jener Kreise in allen Theilen seines Umfangs gleichweit absteht, nennt man die Pole (Einl. 3 und 11) jener Kreise, und jener größte Kreis, der in der Mitte zwischen den Polen, also von beiden Polen gleich entfernt ist, heißt der Aequator (11) der Kugel, während alle übrigen kleineren Kreise Parallelkreise (24) genannt werden.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir in irgend einer ausgedehnten Ebene, an einem hellen Abend, bald nach Sonnenuntergang, unsere Augen zu dem Himmel erheben, und die Gegenstände betrachten, die er uns darbietet. Wir erblicken zuerst ein weites, halbkugelförmiges Gewölbe, mit Sternen von mannigfaltiger Größe besäet. Die stille Größe dieses erhabenen Schauspieles erfüllt uns, selbst bei wiederholter Betrachtung, mit immer neuer Bewunderung, und mit einer dunkeln Sehnsucht, diesen Gegenständen über uns näher zu kommen, und die Ursache und den Zweck dieser wunderbaren Erscheinung kennen zu lernen.

Wenn wir einzelne, besonders auffallende Gruppen dieser Gestirne länger betrachten, und ihre Lage gegen feste irdische Gegenstände, z. B. gegen Bäume oder Thürme, vergleichen, so finden wir, daß alle jene Sterne, ohne ihre gegenseitige Lage unter sich zu ändern, in einer gemeinschaftlichen Bewegung von Ost gegen West begriffen sind. Wenden wir unser Gesicht gegen den bereits bekannten Polarstern, oder gegen Nord, so sehen wir die zur rechten Hand, auf der Ostseite, liegenden Sterne sich immer mehr über den Horizont erheben, indeß jene auf der entgegengesetzten, linken oder westlichen Seite, immer tiefer herabsinken, und wenigstens die von dem Polarsterne entferntesten Gestirne zuletzt ganz verschwinden, und während endlich zu gleicher Zeit in Osten wieder andere, neu hervorkommende Sterne gleichsam aus der Erde heraufsteigen, um sich sofort den übrigen beizugesellen, und gleich ihnen ihre Bewegung von Ost nach West fortzusetzen.

Eine geringe Aufmerksamkeit wird genügen, um zu zeigen, daß die Bahnen, welche diese Gestirne am Himmel beschreiben, alle kreisförmig sind. Von den dem Polarsterne nahen Gestirnen kann man die ganzen von ihnen beschriebenen Kreise in allen ihren Theilen übersehen, da sich diese Sterne immer über dem Horizonte

befinden, und ohne auf- und unterzugehen (24. IV.) täglich ihre kreisförmige Bahn um einen festen Punkt, der dem Polarstern sehr nahe ist, zurücklegen. So sieht man z. B. von dem oben erwähnten Sternbilde des Wagens zur Zeit, wo es senkrecht unter dem Polarsterne steht, die Deichsel nahe horizontal und gegen West gerichtet. Nach sechs Stunden aber steht der Wagen östlich in gleicher Höhe mit dem Polarsterne, und die Deichsel senkrecht abwärts. Nach sechs weiteren Stunden ist der Wagen senkrecht über dem Sterne, und die horizontale Deichsel richtet sich nach Osten. Wieder nach sechs Stunden steht der Wagen wieder westlich vom Sterne, und seine Deichsel erscheint senkrecht aufwärts gestellt, bis endlich, wenn volle vier und zwanzig Stunden seit dem ersten Zeitpunkte verflossen sind, das ganze Gestirn wieder seine erste Lage unter dem Polarsterne einnimmt. Während dieser Zeit hat jedes einzelne Gestirn dieses Sternbildes seinen ganzen Kreis um jenen festen Punkt, um den Pol des Himmels, zurückgelegt, und dieser Kreis ist in demselben Verhältnisse größer (24), in welchem die Entfernung des Sternes von jenem festen Punkte wächst.

Wenn diese Entfernung noch weiter zunimmt, und endlich größer wird, als die Höhe des Polarsternes über unserem Horizonte, so werden uns die unteren Theile dieser Kreise von dem Horizont bedeckt, und daher für uns unsichtbar. Allein wir haben bereits oben bemerkt, daß man nur von Süd nach Nord reisen darf, um den Polarstern immer in einer größeren Höhe zu erblicken, so daß also für die nördlicheren Gegenden unserer Erde immer mehr Sterne in allen Punkten ihrer Bahn sichtbar bleiben, zum Beweise, daß auch diejenigen Sterne, welche für südlichere Gegenden nur den oberen Theil ihres Kreises sichtbar haben, den unteren Theil desselben, der von unserer Erde verdeckt wird, unter dem Horizont zurücklegen. Könnte man, wie Parry und Rase in unseren Tagen versuchten, so weit gegen Norden vordringen, daß der Polarstern endlich senkrecht über uns oder in unserem Zenithe stünde, so würden wir alle Sterne des uns dort sichtbaren Himmels ohne Ausnahme ganze Kreise beschreiben sehen, die dort sämmtlich dem Horizont parallel, und immer größer seyn würden, je näher sie dem Horizont selbst kommen.

Im Gegentheile, wenn wir, statt wie bisher gen Norden, immer weiter nach Süden reisen, so wird der Polarstern, auf unserer Rückseite, immer tiefer zu unserem Horizont herabsinken, während dafür andere, bisher ungesehene Sterne in Süden sichtbar werden, und die Kreise aller südlichen Sterne immer höher steigen, so daß von ihrem unteren Theile immer kleinere Bogen von dem Horizonte bedeckt werden. Rücken wir so weit auf unserer südlichen Reise vor, daß endlich der Polarstern hinter uns den Horizont erreicht, und uns unsichtbar wird, so stehen jetzt die Kreise aller Sterne, deren Ebene bisher gegen Norden geneigt war, senkrecht auf unserem Horizonte, und wir sehen von jedem derselben genau die eine Hälfte über der Erde, während die andere Hälfte unter der Erde, und daher für uns unsichtbar ist. In dieser Lage ist derjenige Kreis, der gerade über uns steht, d. h. der durch unser Zenith oder durch unseren Scheitelpunkt geht, der größte von allen, und zu beiden Seiten dieses größten Kreises werden alle übrigen gleichmäßig immer kleiner, bis sie endlich in zwei einander entgegengesetzten Punkten des Horizonts gänzlich verschwinden. Diese zwei Punkte sind zugleich die einzig unbeweglichen Punkte des Himmels, von welchen der eine, wie bereits oben erwähnt, der Nordpol, und der andere, ihm entgegengesetzte, der Südpol des Himmels heißt, während der erwähnte, durch unser Zenith gehende oder der größte aller Parallelkreise der Aequator des Himmels genannt wird (Einl. 11).

Setzt man endlich diese Reise in südlicher Richtung noch weiter fort, so erhebt sich auch der Südpol immer mehr über die Erde, und die ihn zunächst umgebenden Sternenkreise befreien sich immer mehr von dem Horizonte, und kurz dieselben Erscheinungen, die wir oben auf der Reise nach Norden an den nördlichen Sternen bemerkten, kommen jetzt in derselben Ordnung an den südlichen wieder, bis wir endlich dahin gelangen, wo der Südpol gerade über uns steht, und alle Sternenkreise wieder mit unserem gegenwärtigen Horizonte parallel stehen, wo wir zugleich bemerken werden, daß alle die Sterne, welche wir jetzt unter dem Südpole sehen, durchaus von denjenigen verschieden sind, welche wir früher unter dem Nordpole erblickten, oder daß wir hier die südliche, und dort die nördliche Halbkugel des Himmels gesehen haben.

Alles Vorhergehende zeigte, daß der kugelförmige Himmel mit allen seinen Gestirnen sich täglich von Ost gen West um eine gerade Linie, als um eine Axe, dreht, welche durch die beiden erwähnten festen Punkte desselben, durch den Nord- und Südpol des Himmels, geht. Da aber diese beiden Pole, wie wir gesehen haben, einander gerade gegenüber stehen, und da wir überdieß unsere ebenfalls kugelförmige Erde genau in den Mittelpunkt jener Himmelskugel voraussetzen, so wird auch jene Axe durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und die Oberfläche derselben ebenfalls in zwei Punkten treffen, welche der Nord- und Südpol der Erde genannt werden (Einl. 2, 11). Ganz ebenso wird auch der himmlische Aequator oder die Ebene derjenigen größten Kreise, in welchen die Sterne sich bewegen, welche von den beiden Polen gleichweit entfernt sind, die Oberfläche der Erde in einem Kreise, dem irdischen Aequator (11), schneiden, wie denn überhaupt alle größte oder durch den Mittelpunkt gehende Kreise des Himmels auch durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und die Oberfläche der letzten wieder in Kreisen schneiden werden, die wir, zum Unterschiede von jenen, die gleichnamigen irdischen (2) Kreise heißen werden.

§. 13. (Aeußere Wahrscheinlichkeit der Bewegung des Himmels.) Diese Erklärung der beobachteten täglichen Bewegung der Gestirne, durch eine Rotation des Himmels um eine fixe, durch den Mittelpunkt der Erde gehende Axe, ist so einfach und der Sache selbst so angemessen, daß sie gleichsam für eine unmittelbare Bezeichnung der Erscheinung selbst oder nur für einen andern Ausdruck derselben angesehen werden kann. Auch werden dadurch alle einzelnen Umstände des ganzen Phänomens so genau dargestellt, daß man an der Richtigkeit der Erklärung selbst nicht leicht weiter zweifeln kann.

Dessenungeachtet wird es vielleicht nicht ganz überflüssig erscheinen, auch hier auf unserer Hut zu seyn. Wir wissen bereits, welchen Täuschungen unsere Sinne, und welchen oft noch viel größeren Irrthümern die Schlüsse unterworfen sind, die wir auf die Eindrücke dieser Sinne zu bauen pflegen. Auch haben wir an dieser unserer Erde selbst bereits gelernt, auf unserer Hut zu seyn, da sie uns Allen ebenso unbezweifelt als eine Ebene er-

schien, und dessenungeachtet, wie wir gesehen haben, eine ganz andere Gestalt hat.

Wir müssen daher, ehe wir weiter gehen, zusehen, ob sich von derselben Erscheinung, von der täglichen Bewegung der Gestirne um die Erde, nicht noch eine andere Erklärung, eine andere Hypothese, aufstellen lasse, die vielleicht die Sache eben so genau darstellt wie jene. Wenn wir eine solche finden sollten, so wird es darauf ankommen, die inneren Gründe beider Hypothesen abzuwägen, und dadurch vielleicht zu entscheiden, welche von ihnen auf der Seite der Wahrheit liegt.

§. 14. (Tägliche Rotation der Erde.) Wir haben bisher angenommen, der Himmel drehe sich täglich von Ost gegen West um die in seinem Mittelpunkte ruhende Erde. Wie aber, wenn wir den Himmel in Ruhe lassen, und dafür die Erde, aber in entgegengesetzter Richtung, in Bewegung setzen? wenn wir annehmen wollten, die Erde drehe sich täglich von West gegen Ost um die durch ihren Mittelpunkt gehende Axe, während der sie ringsum concentrisch umgebende Himmel in völliger Ruhe bleibt?

§. 15. (Erklärung jener Erscheinungen durch die Rotation der Erde.) So sonderbar diese Meinung auch auf den ersten Blick erscheinen mag, so kann man doch nicht läugnen, daß durch sie jene Erscheinung ganz eben so gut und vollständig erklärt wird, als durch die vorhergehende. Die Sterne, so sagten wir, und so scheint es uns in der That, steigen bei ihrem Aufgange an der Ostseite des Himmels, über unserem *festen* Horizont herauf und nähern sich demselben wieder bei ihrem Untergange auf der Westseite, wo sie immer tiefer fallen und endlich ganz verschwinden. — Allein diese ganze Erscheinung, mit allen den sie begleitenden und oben bereits erwähnten Umständen, wird auch eben so gut Statt haben, wenn die Sterne des Himmels alle ruhig stehen bleiben, und wenn dafür die Erde in einer entgegengesetzten Richtung, oder von West gen Ost, sich um ihre Axe dreht. Dann wird nämlich auch der Beobachter, wenn er sonst seinen Ort auf der Erde nicht ändert, sich mit derselben nach Osten bewegen, und da der Horizont (8) eines jeden Beobachters immer durch den Fußpunkt desselben geht, so wird auch dieser Horizont, der in der ersten Hypothese *fest* war, jetzt beweglich seyn, und sich mit dem

Beobachter und mit der ganzen Erde selbst von West nach Ost drehen müssen.

Sey O (Fig. 5) der Mittelpunkt der Erde mm′ m″ und CBA abc der sie umgebende Himmel; bewegt sich der Himmel von Ost nach West in der Richtung CAc um die ruhende Erde, so sieht der ebenfalls ruhende Beobachter m über seinen festen Horizont Aa diejenigen Sterne des Himmels, welche bei A stehen, aufgehen, während ihm die bei a eben untergehen. Nach einiger Zeit hat sich der Himmel von der linken zur rechten Hand gedreht, so daß der Punkt B nach A gestiegen und der Punkt b nach a gefallen ist, und daß daher, für den Beobachter in m jetzt diejenigen Sterne aufgehen, welche bei B stehen, und dafür die bei b, welche vorhin noch in beträchtlicher Höhe über dem Horizont standen, untergehen. Bald darauf werden die Sterne bei C auf und die bei c untergehen u. s. w. — Bewegt sich aber die Erde von West nach Ost in der Richtung mm′ m″, so dreht sich mit ihr auch der Beobachter sowohl, als sein Horizont, da der letzte immer durch den Fußpunkt des Beobachters geht und in diesem Fußpunkte die Oberfläche der Erde berührt. Denkt man sich diesen Horizont bis an die Oberfläche des Himmels erweitert, so wird er, wenn der Beobachter in m ist, durch den Punkt A und a des Himmels gehen, oder die Sterne bei A werden ihm aufzugeben, jene bei a aber unterzugehen scheinen. Nach einiger Zeit hat sich die Erde, und mit ihr der Beobachter, von m nach m′ gedreht, und der Horizont des Beobachters wird jetzt die Lage Bb annehmen. Der Horizont wird sich also in der Zwischenzeit auf der Ostseite von A nach B entfernt, und die Sterne bei a, die uns vorhin eben aufzugeben schienen, werden nun schon hoch über dem östlichen Horizonte m′B stehen, während die Sterne bei a, die vorhin untergingen, jetzt schon tief unter dem neuen westlichen Horizont m′ b stehen und unsichtbar sind, indeß die Sterne bei b, die vorhin noch beträchtlich hoch standen, eben untergehen. Bald darauf kömmt der Beobachter mit seiner beweglichen Erde nach m″ und sein Horizont nach Cc, wo ihm dann die Sterne bei C auf und jene bei c untergehen u. s. f. So wie also dort der Himmel sich um den festen Horizont von Ost nach West bewegte, so bewegt sich hier der veränderliche Horizont von West nach Ost

um den festen Himmel, und so wie dort die sichtbaren Sterne von dem festen östlichen Horizonte sich entfernen oder höher steigen und dem westlichen sich nähern, so entfernt sich hier der bewegliche östliche Horizont von seinen Sternen, die daher auch zu steigen scheinen werden, während sich der westliche Horizont den auf der Westseite liegenden Sternen nähert, und sie dadurch ihrem Untergange immer näher bringt.

Beide Hypothesen stellen also die Erscheinung, die dadurch erklärt werden soll, gleich gut und vollständig dar, und so lange es bloß um diese Darstellung der äußeren Erscheinung zu thun ist, so hängt auch die Wahl zwischen beiden bloß von unserer Willkür ab, da keine derselben einen Vorzug vor der andern hat, und nichts in ihnen selbst liegt, was uns zu der Annahme der einen oder der andern vorzugsweise bestimmen könnte.

§. 16. (Innere Wahrscheinlichkeit der Rotation der Erde. I. Aus der Geschwindigkeit.) Allein verhält es sich ebenso mit den inneren Wahrscheinlichkeiten dieser beiden Voraussetzungen? — Dort bewegt sich der Himmel, während wir in gemächlicher Ruhe stille sitzend zusehen: hier aber lassen wir den Himmel ruhen, während wir mit unserer Kugel uns um uns selbst drehen, und zwar mit einer in der That sehr großen Geschwindigkeit, die unter dem Aequator volle 225 Meilen in einer Stunde beträgt. Wer von uns hat aber von dieser Geschwindigkeit, mit welcher wir alle täglich um den Mittelpunkt der Erde fahren sollen, auch nur das Geringste bemerkt? Wer wird also auch für diese zweite Hypothese stimmen und dafür nicht gleich auf den ersten Blick die andere für die unendlich wahrscheinlichere, für die allein wahre erklären.

Auf den ersten Blick allerdings. — Allein die Sache ist doch wohl auch eines zweiten Blickes und überhaupt einer näheren Betrachtung werth.

Was zuerst diese Geschwindigkeit der Erde betrifft, so werden wir bald mit noch viel größeren Geschwindigkeiten in der Natur bekannt werden, gegen welche diese, so groß sie auch Manchem erscheinen mag, beinahe gänzlich verschwindet. Diese Geschwindigkeit der Erde ist eben nicht viel größer, als die des Schalles, der nach den neuesten Versuchen in einer Minute $2,_{724}$ Meilen zurücklegt, während ein Punkt des Aequators der Erde in dieser

Zeit durch $3,_{75}$ M. geht. Ja weiter vom Aequator, wird diese Geschwindigkeit der Erde noch beträchtlich kleiner, weil die Parallelkreise der Erde, in deren Ebene jene Bewegung der Erde vor sich geht, in größeren Entfernungen von dem Aequator, wie wir oben gesehen haben, ebenfalls immer kleiner werden (§. 24). So bewegt sich Wien, welche Stadt in dem Parallelkreise liegt, dessen Breite 48 Grade beträgt (§. 23), in einer Minute durch $2,_{50}$, Petersburg aber in der Breite von 60 Graden nur durch $1,_{87}$ und noch näher bei den beiden Polen der Erde wird endlich diese Bewegung so klein, daß man sie beinahe für eine absolute Ruhe halten kann.

Welche ganz anderen Geschwindigkeiten aber werden wir erhalten, wenn wir, gar zu sehr auf die Ruhe unserer Erde bedacht, dafür den ganzen Himmel um sie in Bewegung setzen wollen. Der Mond z. B. ist, wie wir später sehen werden, nahe 52.000 Meilen von uns entfernt, also müßte er, wenn er seine Bahn um die Erde von 326.730 Meilen in 24 Stunden vollendet, in jeder Minute 227 Meilen zurücklegen, also über sechzigmal geschwinder gehen, als jener schnellste Punkt des Erdäquators. Die Sonne aber, welche gegen 21 Millionen Meilen von der Erde entfernt ist, müßte in jeder Minute 90.000 Meilen zurücklegen, also über 24.000 Mal geschwinder gehen, als jene Punkte der Erde. Und damit sind wir noch lange nicht an der Gränze dieser Geschwindigkeiten angekommen, da es Körper des Himmels gibt, deren Entfernung von der Erde, wie wir bald sehen werden, so groß ist, daß selbst diese ungeheure Distanz der Sonne von 21 Millionen Meilen nur als ein bloßer Punkt dagegen verschwindet. Mit welcher entsetzlichen, mit welcher unbegreiflichen Geschwindigkeit müßten diese Körper um unsere Erde geschleudert werden, und man bemerke wohl, zu welchem Zwecke müßten sie es? — Um uns in unserer Ruhe nicht zu stören. Als ob sie alle nur wegen uns und um unserer Bequemlichkeit zu fröhnen, da seyn sollten!

§. 17. (II. Aus der Größe der übrigen Weltkörper.) Nicht minder unbillig, ja unbescheiden wird uns diese Voraussetzung einer ruhenden Erde erscheinen, wenn wir bedenken, welche Massen wir dafür in Bewegung setzen wollen. Die Sonne ist so groß, daß man aus ihr gegen 1.500.000 solcher Kugeln als unsere

Erde ist, formen könnte, und doch soll dieser ungeheure Körper sich um einen $1\frac{1}{2}$ Millionen Mal kleineren bewegen, und zwar, wie wir gesehen, mit einer 24.000 Mal größeren Geschwindigkeit, als diese Erde selbst sich drehen müßte. Und wie viele Tausende von eben so großen und wohl noch größeren Körpern finden wir am Himmel, von welchen allen dieselbe höchst unwahrscheinliche Voraussetzung gelten müßte: daß das Große sich um das viel Kleinere, daß der ganze Himmel mit allen seinen zahllosen Gestirnen, deren Größe eben so unbegreiflich ist, als ihre Entfernung, sich um diese kleine Kugel, um einen Punkt bewegen soll, der gegen das übrige Weltall als ein wahres Nichts verschwindet, und dieß alles bloß darum, weil wir uns nicht in unserer Ruhe stören lassen wollen, und weil dieser Punkt unser Wohnort ist, dessen Existenz vielleicht den Bewohnern jener unzähligen und von ihm so weit entfernten Himmelskörpern nicht einmal bekannt seyn mag.

§. 18. (III. Aus der Gleichförmigkeit der Bewegung so vieler Himmelskörper.) Und welcher Art ist diese Bewegung, in welcher wir alle diese Körper um unsere Erde führen wollen? — Eine ganz gleichförmige. Alle, die kleinen wie die großen, die nahen wie die fernen, alle sollen sich genau in derselben Zeit, in vier und zwanzig Stunden, um uns bewegen. Welches auch die unbegreifliche Kraft der Erde seyn mag, so unglaubliche Erscheinungen hervorzubringen, so müßte sie doch, den Gesetzen der Mechanik gemäß, auf die ihr näheren Körper anders wirken als auf die entfernten, während sie im Gegentheile hier alle gleich betheilt, und auf den uns nahen Mond nicht anders als auf die Billionenmal weiter entfernten Fixsterne wirkt. Alle, ohne Ausnahme, werden von dieser Kraft mit einer Regelmäßigkeit in dem Weltraume fortgeführt, daß auch nicht einer derselben nicht eine Secunde zu früh oder zu spät kömmt, als ob ihre ganze Bestimmung nur die wäre, unsere Uhren zu reguliren, und uns das alle Nächte wiederkommende Schauspiel ihrer einförmigen Progression aufzuführen.

§. 19. (IV. Aus dem Mangel des Mittelpunkts dieser Bewegung.) Ja, diese abenteuerliche Kraft der Erde zugegeben, wo sollen wir den eigentlichen Sitz derselben aufsuchen? Doch wohl in dieser Erde selbst und zwar in dem Mittelpunkte derselben. —

Aber die tägliche Rotation des Himmels geht ja nicht eigentlich um den Mittelpunkt der Erde, sondern, wie wir gesehen haben, um die Achse derselben, oder sie geht in parallelen Kreisen vor sich, deren Mittelpunkte alle in dieser Axe (§. 24), in einer geraden Linie, liegen, von welchen nur der kleinste Theil mit der Erde selbst zusammenfällt, während die beiden Endpunkte derselben sich bis an den endlosen Himmelsraum erstrecken. Die Kraft, welche jeden Stern in seinem Parallelkreise treibt, muß doch wohl in dem Mittelpunkte dieses Kreises liegen. Allein dieser Mittelpunkt ist bei den meisten Sternen ganz außer der Erde und in einer Entfernung von ihr, gegen die sie selbst als ein bloßer Punkt verschwindet. Dieser Mittelpunkt des Kreises, dieser Sitz jener sonderbaren Kraft ist also ein blos imaginärer, ein leerer Punkt im Weltraume. Und da sich, wie wir gesehen haben, diese Sterne immer langsamer bewegen, je näher sie den beiden Polen kommen, so fordert auch jeder von ihnen eine eigene, immer abnehmende Kraft, und der Sitz aller dieser so äußerst verschiedenen Kräfte, zu beiden Seiten der Erde, in's Unendliche hin, ist eine bloß eingebildete, durch nichts bezeichnete, gerade Linie. Solchen Unwahrscheinlichkeiten, solchen Widersprüchen müßten wir uns aussetzen, bloß um unsere eigene, so theuer gewordene Ruhe zu retten. Denn wie wir uns entschließen, anzunehmen, daß wir es sind, die wir uns, sammt unserer Erde, täglich um ihre Axe bewegen, so fallen sofort alle jene, früher so unbegreiflichen Einwürfe weg, und das ganze, erst so räthselhafte Phänomen, steht nun in seiner Ursache rein und klar vor unseren Augen. Wenn wir daher nicht wieder zu dem krystallenen Himmel der Alten unsere Zuflucht nehmen und mit ihnen voraussetzen wollen, daß alle Gestirne an einer soliden Kugelschale, wie Diamantnägel in einem schwarzen Sammtgewölbe, befestigt sind, eine Annahme, die mit allen unseren Beobachtungen über die Entfernung der Himmelskörper im direkten Widerspruche steht, und die wir auch schon wegen der beweglichen Gestirne, die wir bald näher kennen lernen werden, als ganz unzulässig von uns weisen müssen, — wenn wir, sage ich, noch Sinn für Wahrheit und für Ueberzeugung durch Vernunftgründe haben wollen, so bleibt nichts übrig, als die Hypothese von der Ruhe der Erde als unstatthaft zu verwerfen, und dafür jene andere

Voraussetzung, von der täglichen Bewegung derselben um ihre Axe, als die einzig wahre anzuerkennen.

Wenn aber das Vorhergehende nur von der Unzulässigkeit der Ruhe der Erde zeugt, also gleichsam nur als ein negativer Beweis für die Bewegung derselben anzunehmen ist, so fehlt es uns dessenungeachtet auch nicht an unmittelbaren, positiven Beweisen derselben, und diese sind es, die wir hier noch näher betrachten wollen.

§. 20. (V. Aus dem Falle der Körper von größten Höhen.) Es ist allgemein bekannt (§. 8. I), daß alle Körper, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, senkrecht auf die Oberfläche der Erde, oder in der Richtung gegen den Mittelpunkt derselben herabfallen. Für geringe Höhen, z. B. fünfzig oder hundert Fuß, ist dieß auch in der That den Erfahrungen oder den darüber angestellten Beobachtungen vollkommen gemäß, wie es auch nach den ersten Grundsätzen der Mechanik seyn muß, wenn die Erde keine Rotation um sich selbst hat. Allein bei einer um ihre Axe rotirenden Erde wird dieß nicht mehr der Fall seyn. In der That hat man auch diese Beobachtungen, so lange man sie nicht mit der gehörigen Schärfe anstellte, als einen direkten Einwurf gegen die Umdrehung der Erde angesehen, und selbst Riccioli und Tycho ließen sich zu dem Irrthume verleiten. Sie meinten nämlich, daß ein z. B. von der Spitze eines Thurmes fallender Stein, bei einer gegen Ost rotirenden Erde, nicht mehr an dem Fuße des Thurmes oder senkrecht unter seinem Abgangspunkte, sondern daß er westlich vom Thurme zur Erde fallen müßte, weil der Thurm während des Falles des Steines durch die Bewegung der Erde weiter gegen Ost vorgerückt wäre. Da aber dieses den bisher darüber angestellten Erfahrungen entgegen war, so hielt man eben durch diese Erfahrungen die Umdrehung der Erde als vollkommen widerlegt. Mersenne und Montier stellten darüber eigene Versuche mit Kugeln an, welche sie aus senkrecht in die Erde gegrabenen Kanonen in die Höhe steigen ließen. Allein Experimente dieser Art können keine Genauigkeit gewähren, da die Kugel nicht in allen Punkten der Kanonenröhre gleich fest anliegt. Auch entsprachen die Resultate derselben keineswegs den gehofften Erwartungen, indem einige dieser Kugeln weit südwestlich, die anderen

noch weiter östlich an der Mündung niederfielen, und einige derselben gar nicht mehr gefunden werden konnten.

Erst Newton hatte von dieser Sache, wie von so vielen anderen, zuerst die richtigen Begriffe aufgestellt, und selbst dieser große Mann erkannte sie, wenigstens anfangs, nicht ganz in ihrem wahren Lichte. Es war am 28. November 1679, daß er an Hooke, Secretär d. k. Societät der Wissenschaften in London, schrieb, daß er ein Mittel gefunden habe, die Umdrehung der Erde durch unmittelbare Beobachtungen, deren man bisher entbehrt hatte, zu beweisen, und er schlug zu diesem Zwecke die Beobachtungen des Falles kleiner und sehr dichter Körper aus sehr beträchtlichen Höhen, z. B. von der Spitze eines Thurmes, vor. Hat die Erde, setzte er hinzu, keine Bewegung in sich selbst, so werden jene Körper in einer senkrechten Linie zur Erde fallen. Hat sie aber, wie man bisher aus anderen Gründen mit Recht voraussetzte, eine Bewegung gegen Osten, so muß der fallende Körper am Ende seines Falles eine Abweichung von der senkrechten Linie, und zwar gegen Osten (nicht, wie man früher glaubte, gegen Westen) zeigen. Wenn nämlich die Erde sich um ihre Axe dreht, so müssen auch alle zur Erde gehörigen Körper, also auch die Luft, die sie umgibt, und der Stein, den wir aus der Hand fallen lassen, an dieser Umdrehung der Erde Theil nehmen, so daß also der Stein, während seines Falles, zugleich eben die Bewegung nach Osten haben wird, wie die Thurmspitze, von welcher er gefallen ist. Diese Spitze hat aber eine schnellere Bewegung nach Osten, als der Fuß des Thurmes, weil sie in größerer Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde ist, also auch einen größeren Kreis um denselben beschreibt, als der dem Mittelpunkte nähere Fuß des Thurmes. Da also der Stein diese schnellere Bewegung nach Osten während seines Falles beibehält, so wird er auch, wenn er die Erde erreicht, einen größeren Weg nach Osten zurückgelegt haben, als der Fuß des Thurmes, und daher östlich von diesem Fuße niederfallen.

Die königliche Gesellschaft, welcher Newton's Schreiben vorgelegt wurde, setzte einen großen Werth auf die darin vorgetragenen Ideen und trug ihrem Secretär auf, darüber unmittelbare Experimente anzustellen. Hooke war nicht nur ein Mann von ausgezeichnetem

mathematischen Talente, sondern auch ein ganz vorzüglicher Beobachter, daher es ihm auch gleich bei der ersten Betrachtung des Gegenstandes, dessen Ausführung ihm überlassen war, nicht entging, daß Newton's Darstellung nicht vollständig sey, und daß, wenn die Erde in der That rotire, der Stein nicht bloß eine Abweichung gegen Osten, sondern auch, wenigstens außer dem Aequator, noch eine, obschon geringe, Abweichung gegen Süden zeigen müsse.

Newton erkannte sofort die Richtigkeit dieser Bemerkung, in seiner Antwort an Hooke, an, und bemerkte zugleich, daß, wie seine weiteren Rechnungen über diesen Gegenstand zeigen, die Bahn des fallenden Körpers bei der rotirenden Erde eine Spirale sey. Allein auch diese Erweiterung fand Hooke unrichtig, indem er aus seinen mit großer Umsicht angestellten Rechnungen folgerte, daß jene Bahn des fallenden Körpers im freien Raume eine Elipse ist. Diese Bemerkung kann für uns in doppelter Rücksicht interessant seyn, weil sie es war, die Newton später auf die Entdeckung der allgemeinen Schwere leitete, und weil wir daraus zu unserem Troste lernen mögen, daß auch Männer dieser Art zuweilen fehlen können.

Hooke's Versuche führten übrigens zu keinem entscheidenden Resultate, weil er seine Fallhöhen viel zu gering genommen hatte. Im Jahr 1791 wiederholte Gulielmini dieselben Versuche auf dem Thurme Asinelli in Bologna, der eine Fallhöhe von 241 Fuß darbot; allein auch diese Versuche gelangen nicht, weil der Luftzug im Innern des Thurmes einen störenden Einfluß darauf hatte. Eigentlich war ein solcher Beweis überflüssig, da derselbe bereits über alle Zweifel erhoben war, und da man, wie wir bald sehen werden, andere, nicht minder direkte Versuche, die als vollkommen genügend gelten konnten, schon früher angestellt hatte.

Dessenungeachtet übernahm es noch Benzenberg im J. 1802, dasselbe Experiment auf dem Michaelisthurme in Hamburg und in dem Kohlenschachte zu Schlebbusch, in der Grafschaft Mark, zu wiederholen. Er fand, an dem ersten dieser Orte bei einer Fallhöhe von 235 Fuß eine östliche Abweichung von 4 Par. Linien, und an dem zweiten bei einer Fallhöhe von 260 Fuß eine Abweichung von nahe 5 Linien nach Osten, welche beide Resultate nahe genug mit der darüber aufgestellten Theorie übereinstimmten. Nach dieser sollte

nämlich in Hamburg die östliche Ausweichung 3,878 Par. Linien, also nur 0,122 Linien weniger betragen, als die Beobachtung gab. Die oben erwähnte südliche Deklination ist, jener Theorie zufolge, für eine Fallhöhe von 235 Fuß nur 0,0005 einer Linie, also ganz unmerklich, wie denn auch Benzenberg keine solche Abweichung gegen Süden gefunden hat. Für größere Fallhöhen würden jene Abweichungen viel beträchtlicher seyn. So wäre z. B. für eine Fallhöhe von 10.000 Fuß, die nahe der Höhe des Aetna gleich ist, die Deklination gegen Osten volle 1.076 Par. Linien, oder 7 Fuß 5 Zoll 8 Linien, während auch hier die südliche Abweichung noch sehr klein seyn und nur 0,88 Linien betragen würde.

§. 21. (VI. Aus der Centrifugalkraft der Erde.) Sollte aber diese Umdrehung der Erde um ihre Axe, die doch so schnell ist, daß jeder Punkt des Aequators in nahe 16 Secunden schon eine deutsche Meile zurücklegt, nicht irgendwo auf der Oberfläche derselben Spuren hinterlassen, an welchen man sie erkennen, und von welchen man daher, als von beobachteten Wirkungen, auf die Ursache derselben, auf die Rotation der Erde selbst, wieder zurückschließen könnte? — Es ist bekannt, daß, wenn ein Körper schnell in der Peripherie eines Kreises herumgetrieben wird, alle Theile desselben ein Bestreben äußern, sich von dem Mittelpunkte desselben zu entfernen. Dieses Bestreben, das man die Schwungkraft, oder die Centrifugalkraft der rotirenden Körper genannt hat, diese Kraft ist es, welche das Band einer geschwungenen Schleuder spannt, und den Stein in derselben zurückhält, daß er, selbst wenn er in seinem Schwunge senkrecht über uns und ohne Unterstützung ist, nicht zur Erde herabfallen kann. Wenn wir eine an einem Faden befestigte Kugel schnell im Kreise herumführen, so wird der Faden dadurch gespannt und endlich sogar zerrissen, wenn die Bewegung der Kugel zu schnell wird. Wenn wir einen zum Theil mit Wasser gefüllten Eimer an eine verticale Schnur hängen, so steht, so lange der Eimer in Ruhe bleibt, die Oberfläche des Wassers in demselben vollkommen horizontal. Sobald aber der Eimer um seine immer verticale Schnur, als um eine Axe gedreht wird, erhebt sich das Wasser, da es wegen der entgegenstehenden Wände des Gefäßes nicht entfliehen kann, an den Wänden des Eimers immer mehr, je schneller die Bewegung wird,

während die früher horizontale Oberfläche desselben in seiner Mitte sich vertieft und concav wird. Eine sehr schnelle Bewegung des Eimers um seine Schnur würde endlich alles Wasser über die Wände des Eimers heraustreiben und denselben ganz trocken machen. Bringt man an die Stelle des Eimers eine ebene, mit Sand bedeckte, horizontale Scheibe, die an der verticalen Schnur befestigt ist, und dreht man die Scheibe schnell um die Schnur, so wird der auf ihr liegende Sand sofort in Bewegung kommen, sich immer weiter von der Schnur, d. h. vom Mittelpunkte der Scheibe, entfernen, und endlich ganz von ihr wegfliegen. — Wenn man einen kreisrunden, elastischen Ring an einen Stift steckt, der in der Ebene dieses Ringes durch den Mittelpunkt desselben geht, und wenn man dann den Ring schnell um den Stift, als um seine Axe, dreht, so wird der anfangs kreisförmige Ring sogleich eine ovale oder eliptische Gestalt annehmen, indem diejenigen Theile desselben, die am weitesten von dem Stifte abstehen, also die schnellste Drehung erleiden, sich auch am meisten von der Drehungsaxe zu entfernen streben, während die dem Stifte näheren Theile, wegen ihrer geringeren Bewegung, auch dieses Bestreben sich von ihm zu entfernen in einem geringeren Maße äußern, bis endlich die beiden Pole des Ringes, durch welche die Axe geht, und die gar keine Bewegung erleiden, auch von jener Kraft nicht weiter afficirt werden. Wenn man endlich eine weiche Kugel von nassem Thone auf die Töpferscheibe bringt und die Scheibe rasch umdreht, so sinkt sofort der höchste Punkt, der eine Pol der rotirenden Kugel näher zur Scheibe, oder zu dem Mittelpunkte der Kugel, während die Theile derselben um den Aequator sich immer mehr aufblähen und von dem Mittelpunkte sich entfernen, so daß endlich die Kugel die Gestalt einer Pomeranze oder eines an seinen beiden Polen eingedrückten oder abgeplatteten Körpers annimmt, den man ein Sphäroid oder ein Ellipsoid zu nennen pflegt.

Ganz dasselbe wird nun auch unserer Erde widerfahren, wenn sie sich in der That um ihre Axe dreht, wenn dabei vorausgesetzt wird, daß die Masse, aus der sie besteht, wenigstens anfangs flüssig, oder doch weich genug war, um einem größeren auf sie geäußerten Drucke nachzugeben. Diese Voraussetzung ist aber längst schon außer Zweifel gesetzt, und die Menge versteinerter

Seethiere auf unseren höchsten Gebirgen, so wie die Lage und Form der verschiedenen Schichten, aus welchen die Oberfläche der Erde besteht, sind eben so viele Urkunden, auf welchen die Natur mit unvergänglichen Charakteren jenen ursprünglich flüssigen Zustand unserer Erde bezeichnet hat.

§. 27. (VII. Aus der Abplattung der Erde.) Wenn aber alles dieses so ist, wo sind denn jene Spuren, welche die Rotation der Erde auf ihrer Oberfläche zurückgelassen haben soll? — Es ist wahr, wir haben bisher die Gestalt unserer Erde kugelförmig gefunden, denn so stellen sie in der That die Beobachtungen vor, deren wir oben umständlich erwähnt haben. Allein jene Beobachtungen sind, wenn wir sie genau betrachten, alle der Art, daß sie keiner hohen Schärfe fähig sind, und daher die Gestalt der Erde nur im Allgemeinen zeigen, so daß wir uns gleichsam schon begnügen mußten, zu sehen, daß diese Gestalt jener einer vollkommenen Kugel wenigstens sehr nahe komme, ungeachtet der kleinen, und jetzt vielleicht noch ganz unmerklichen Abweichungen, welche wir später, wenn wir den Gegenstand genauer untersuchen werden, etwa noch daran finden könnten. Es ist dieß einer der Fälle, die so oft in der Astronomie und in allen denjenigen Wissenschaften vorkommen, die nicht wie die Geometrie oder die Metaphysik aus selbstgeschaffenen, oder aus uns angeborenen Ideen entstehen, sondern die auf den Gegenständen außer uns und auf den Experimenten beruhen, die wir mit ihnen anstellen müssen, um sie in allen ihren Verhältnissen unter einander zu erkennen. Diese Verhältnisse sind meistens zu verwickelt, um sie sogleich nach allen ihren Beziehungen zu übersehen, und es ist daher nicht nur nothwendig, zuerst nur das Allgemeine der Erscheinung aufzufassen und sie gleichsam nur im Rohen darzustellen, und die weitere, feinere Ausbildung derselben eigenen, späteren Untersuchungen vorzubehalten, sondern es ist zugleich eines der sichersten Kennzeichen des höheren Talentes, gleich Anfangs die entscheidenden Merkmale, die Hauptmomente seines Gegenstandes, zu ergreifen, und sogleich auf sein Ziel loszugehen, ohne sich von den ihn gewöhnlich begleitenden Nebenumständen irre machen zu lassen.

Eben so wurde auch hier verfahren. Es mochte dem ersten, der über die Gestalt der Erde nachgedacht hat, vielleicht schwer

genug gefallen seyn, sich von dem bisher von Niemand bezweifelten Vorurtheile einer durchaus ebenen Erde zu befreien, und sie wenigstens im Allgemeinen als eine große Kugel zu erkennen; aber es würde ihm ohne Zweifel noch viel schwerer, wo nicht ganz unmöglich gewesen seyn, die wahre Gestalt dieser Erde mit allen ihren kleinen Abweichungen von der Kugelform zu erkennen. Man begnügte sich Jahrhunderte durch mit der Voraussetzung, daß sie eine Kugel sey, und sie genügte auch vollkommen für den gesammten Zustand der astronomischen Kenntnisse jener Zeiten. Als aber später die Theorie sowohl, als auch die eigentliche beobachtende Astronomie und die Verfertigung der neuen Instrumente so große Fortschritte gemacht hatte, wurde das Bedürfniß, die genaue Kenntniß unseres Wohnortes zu erlangen, immer dringender, bis man endlich seit dem Anfange des achtzehnten Jahrhunderts neue Methoden zu diesem Zwecke entworfen, und mit vielem Aufwande an Zeit und Kosten auch ausgeführt hat. Seit dieser Zeit hat man in allen Welttheilen und mit der größten Schärfe eigentliche, unmittelbare Messungen der Erde vorgenommen, und dadurch nicht nur die Größe, sondern auch die Gestalt derselben auf das Genaueste zu bestimmen gesucht. Die Resultate dieser Vermessungen vereinigen sich dahin, daß die Erde allerdings, wie man bisher angenommen hat, einer Kugel sehr ähnlich, aber doch keine eigentliche Kugel im strengsten geometrischen Sinne des Wortes, sondern daß sie ein Körper ist, der durch die Umdrehung einer dem Kreise sehr nahen Elipse um ihre kleine Axe entsteht. Nach den neuesten Bestimmungen fand man im Mittel aus allen jenen Beobachtungen, daß die halbe kleine Axe dieser Elipse oder die Entfernung des Mittelpunktes der Erde von jedem ihrer Pole $856,_{55}$, und daß die halbe große Axe der Elipse oder der Halbmesser ihres vollkommen kreisförmigen Aequators $859,_{44}$ geogr. Meilen beträgt, wo die geographische Meile gleich dem fünfzehnten Theile eines Grades von dem Umfange des Erdäquators oder gleich $22.841,_{84}$ Pariser Fuß angenommen wird. Demnach hat also die Erde in der That an ihren beiden Polen eine Abplattung von nahe drei Meilen, und diese Abplattung gibt uns nicht nur einen direkten Beweis für die Existenz der Rotation der Erde, sondern sie bestätigt auch im Allgemeinen die Richtigkeit unserer

früheren Voraussetzung, nach welcher die Erde einer vollkommenen Kugel wenigstens sehr ähnlich ist, da die äußerst geringe Abplattung der Erde nur den 286sten Theil ihres Halbmessers beträgt, eine Größe, die wir auch bei unseren besten Globen noch nicht mit freiem Auge unterscheiden können, und die daher auch, selbst bei unseren besten und größten Landkarten, als eine ganz verschwindende Größe nicht berücksichtigt wird.

§. 23. (Verschiedenheit der Schwere auf der Erde.) Wir alle wissen, daß die Körper auf der Oberfläche der Erde, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, in einer senkrechten Richtung gegen diese Oberfläche fallen, und daß sie unter dem Aequator am Ende der ersten Secunde durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, vermöge welcher sie, wenn sie diese Geschwindigkeit auch ferner beibehielten, in jeder folgenden Secunde einen Raum von 30,1028 Par. Fuß zurücklegen würden. Welches immer die Ursache dieser Bewegung seyn mag, ma wird sie in der Erde selbst und zwar, da sie gegen den Mittelpunkt derselben gerichtet ist, in diesem Mittelpunkte suchen müssen, und sie gleichsam als eine Kraft darstellen können, welche in diesem Mittelpunkte der Erde ihren Sitz hat, und welche von da aus alle Körper an sich zu ziehen sucht. Man nennt sie daher die Anziehungskraft der Erde oder auch mit einem gewöhnlichen Worte, die Schwere derselben.

Diese Schwere der Erde ist also unter dem Aequator, wenigstens in ihrer Richtung der oben betrachteten Centrifugalkraft, derselben gerade entgegengesetzt, da beide Kräfte in der Ebene des Aequators, und zwar in der Richtung des Halbmessers der Erde, in welchem der fallende Körper ist, liegen, und da die erste den Körper zu dem Mittelpunkte der Erde herabzieht, während die zweite ihn, wie wir so eben gesehen haben, davon zu entfernen strebt, so daß also, durch die Centrifugalkraft, die Schwere der Erde vermindert, oder daß die Schwere, bei einer um ihre Axe rotirenden Erde kleiner wird, als sie bei einer nicht rotirenden seyn würde.

Wenn man aber den Halbmesser eines Kreises, und überdieß die Zeit seiner Rotation kennt, so ist es, aus den ersten Grundsätzen der Mechanik sehr leicht, die daraus entstehende Centrifugalkraft jedes Punktes seiner Peripherie zu finden. Diese ist

nämlich gleich der Zahl $39{,}_{4784}$ multiplicirt mit dem Halbmesser des Kreises und dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit. Der Halbmesser des Aequators ist nach dem vorhergehenden $859{,}_4$ Meilen, oder in runder Zahl 19.630.000 Par. Fuß und die Umlaufszeit desselben oder die Länge des Tages ist nahe 24 Stunden oder 86.400 Secunden, woraus man leicht die Centrifugalkraft gleich $0{,}_{104}$ Par. Fuß findet, d. h. wenn die Erde nicht um ihre Axe rotirte, so würde die jetzt beobachtete Schwere derselben am Aequator, die nach dem vorhergehenden $30{,}_{1028}$ Par. Fuß beträgt, um $0{,}_{104}$ Fuß größer, oder sie würde $30{,}_{2068}$ Fuß betragen.

Der Unterschied dieser Schweren bei der ruhenden und bei der bewegten Erde ist, wie man sieht, nicht eben sehr bedeutend, da er nur $^1/_{289}$ der in der That beobachteten Schwere beträgt. Die Ursache dieser geringen Differenz ist die noch immer langsame Bewegung der Erde. Wenn die Geschwindigkeit ihrer Rotation größer, oder mit anderen Worten, wenn die Länge unseres Tages kürzer wäre, so würde dadurch die Centrifugalkraft der Erde größer und endlich so groß, als die Schwere selbst werden können. Der letzte Fall würde eintreten, wenn unser Tag nahe 17 Mal kürzer wäre, oder wenn er statt 24 Stunden nur $1^4/_{10}$ unserer gegenwärtigen Stunden betrüge; und dann würden also die Körper, wenn sie unter dem Aequator sich selbst überlassen würden, nicht mehr zur Erde fallen, sondern in jedem Punkte über der Erde frei stehen bleiben, ohne weiter einer Unterstützung zu bedürfen. Eine nur noch etwas vermehrte Geschwindigkeit der Rotation der Erde würde endlich alle Körper auf ihr, wenn sie nicht an ihrer Oberfläche befestigt sind, von derselben entfernen, oder die Körper würden dann, etwa wie jetzt ein unter dem Wasser eingetauchter Kork, frei von der Erde wegsteigen, so wie sie jetzt, wenn sie nicht unterstützt werden, zu ihr hinfallen.

Diese Schwungkraft aber, welche die Schwere der Körper am Aequator um $^1/_{289}$ vermindert, wird schwächer, je weiter man sich auf der Oberfläche der Erde von dem Aequator zu beiden Seiten desselben entfernt. Ihre Richtung liegt nämlich, wie bereits gesagt wurde, für jeden Punkt der Erde, in der Ebene des Parallelkreises dieses Punktes, und ist dem Halbmesser dieses Parallelkreises proportionell.

Je kleiner daher mit der Annäherung zu den beiden Polen die Parallelkreise der Erde werden, desto kleiner wird auch die Schwungkraft, und an den beiden Polen selbst verschwindet sie gänzlich, weil dort auch die Halbmesser der Parallelkreise verschwinden. An den beiden Polen ist daher die beobachtete Schwere gleich 30,$_{2068}$ Fuß, oder so groß, als sie bei einer rotirenden Erde auf allen Punkten ihrer Oberfläche seyn würde.

Während aber die Schwungkraft von dem Aequator zu den Polen wie die Halbmesser der Parallelkreise abnimmt, nimmt die Schwere der Erde nicht in demselben Verhältnisse zu. Dieß würde nur dann der Fall seyn, wenn diese beiden Kräfte in ihren Richtungen einander immer entgegengesetzt wären. Allein dieß sind sie nur am Aequator, wo die eine Kraft, die Schwere, die Körper senkrecht abwärts, und die andere, die Schwungkraft, dieselben senkrecht aufwärts treibt.

In allen übrigen Punkten der Erdoberfläche bilden diese beiden Richtungen immer kleinere Winkel, je näher man gegen die Pole zu geht, weil die Richtung der Schwere, ihrer Natur nach, gegen den Mittelpunkt, also überall senkrecht auf die Oberfläche der Erde, wirkt, während die der Schwungkraft in der Ebene des Parallelkreises liegt, der nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht. Die Folge davon ist, daß die Schwere der Erde nicht bloß im Verhältnisse der Halbmesser der Parallelkreise, sondern daß sie langsamer vermindert wird, d. h. daß sie gegen die Pole zu schneller wächst, weil sie nämlich nicht durch die ganze Schwungkraft, wie am Aequator, sondern, wegen der schiefen Lage derselben, nur um einen Theil dieser Schwungkraft vermindert wird, und da diese Theile sich ebenfalls wie die Halbmesser der Parallelkreise verhalten, so nimmt auf der um ihre Axe rotirenden Erde die immer gegen ihren Mittelpunkt gerichtete Schwere zu, wie das Quadrat der Halbmesser der Parallelkreise.

Die folgende kleine Tafel gibt, für verschiedene Entfernungen vom Aequator oder für verschiedene B r e i t e n, die Größe der daselbst Statt findenden Schwere, wie sie unmittelbar aus der vorhergehenden Betrachtung abgeleitet wurden:

Breite in Graden	Schwere in Par. Fuß
0	30,1028
20	30,1150
40	30,1458
60	30,1808
80	30,2037
90	30,2068

Allein diese Zahlen sind bloß durch Rechnung gefunden worden, indem man die Rotation der Erde voraussetzte, und bloß auf theoretischem Wege die Folgen suchte, welche diese Rotation in Beziehung auf die Erscheinung der Schwere der Erde in verschiedenen Punkten der Oberfläche derselben haben würde. Wenn man daher auch diese Unterschiede der Schwere auf der Erde unmittelbar beobachten könnte, und wenn die Resultate dieser Beobachtungen mit den Ergebnissen der vorhergehenden Rechnung übereinstimmend gefunden würden, so dürften wir diese Harmonie als einen ferneren, und zwar sehr schönen Beweis für die Umdrehung der Erde selbst betrachten. Allein wie sollen wir diese Schwere der Erde in verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche messen?

§. 24. (Mittel, die Schwere zu messen.) Der Mittel dazu gibt es manche, aber sie sind nicht alle der Art, daß wir viel Gutes von ihnen zu hoffen hätten. Und hier begegnen wir einem andern Umstande, der nur zu oft in der Astronomie und überhaupt in allen Naturwissenschaften vorkömmt, und uns nicht selten in große Verlegenheit setzt. In der Mathematik und in anderen positiven Doctrinen ist es genug, einen Satz bewiesen oder ein gegebenes Problem richtig aufgelöst zu haben, um von der Wahrheit der Sache, die man sucht, überzeugt zu seyn, und so lange uns nur um diese Wahrheit, als um eine Hauptsache, zu thun ist, dürfen wir uns sehr wenig darum kümmern, ob die von uns gefundene Auflösung auch zugleich die einfachste, die kürzeste oder die eleganteste nach ihrer äußeren Form seyn mag, da es zu unserem Zwecke vollkommen hinreicht, daß sie richtig ist. Nicht so verhält sich die Sache, wenn es sich um Experimente oder um

Beobachtungen handelt, durch welche irgend ein Problem aufgelößt, ein Satz bewiesen, oder eine Erscheinung der Gegenstände außer uns erklärt werden soll. Diese Beobachtungen, durch welche hier die Sache ausgemacht werden soll, müssen mit unseren Sinnen, mit unseren Instrumenten angestellt werden. Allein unsere Sinne sind Irrthümern und Täuschungen, und unsere Instrumente, auch die vollkommensten, sind Fehlern unterworfen, und die Gegenstände, welche wir auf diese Weise untersuchen wollen, sind oft so klein oder so schwer aufzufassen, oder so sonderbar mit einander verwickelt, daß selbst geringe Fehler, die wir bei den Beobachtungen dieser Gegenstände begehen, die größten und schädlichsten Wirkungen auf die daraus abzuleitenden Resultate erzeugen können. Es kann daher hier nicht, wie bei anderen Wissenschaften, genügen, irgend eine, wenn auch in der Theorie richtige, Methode zu geben, um dadurch ein Problem vermittelst Beobachtungen aufzulösen, sondern man muß auch zugleich der praktischen Sicherheit dieser Methode gewiß seyn, oder doch diejenigen Umstände, unter welchen sie mit Zuverläßigkeit angewendet werden kann, und die Folgen angeben, welche gegebene Beobachtungsfehler in den Resultaten, die man daraus ableiten will, hervorbringen können, ein Geschäft, das oft nicht weniger Umsicht und Scharfsinn erfordert, als die Auffindung der Methode selbst, und dessen oft nur zu häufige Vernachlässigung eine der Hauptursachen ist, warum mehrere Theile der Naturwissenschaften, noch nicht denjenigen Grad der Vollkommenheit erreicht haben, den wir mit so großem Vergnügen an anderen Theilen bemerken, wo entweder diese praktischen Hindernisse geringer, oder die geistigen Kräfte derer, die sie zu entfernen suchten, größer waren.

Um dieses auf unsern Gegenstand anzuwenden, wo sich sogleich mehrere Beispiele zu dem oben Gesagten anbieten werden, müssen wir zuerst den Begriff des Wortes Schwere festsetzen. Wir haben bereits gesagt, daß man dadurch die Ursache andeutet, welche macht, daß die Körper auf der Oberfläche der Erde, wenn sie nicht unterstützt werden, senkrecht gegen diese Oberfläche herabfallen. Man sucht die Ursache mit vieler Wahrscheinlichkeit in einer K r a f t, deren Sitz im Mittelpunkte der Erde ist, und welche alle Körper außer ihr, zu diesem Mittelpunkte anzieht. Demnach

werden also eigentlich die Richtungen der Schwere in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche alle gegen den Mittelpunkt derselben convergiren. Es ist ferner bereits durch Erfahrung bewiesen, daß diese Kraft der Erde in größeren Entfernungen von ihrer Oberfläche bedeutend abnimmt. Wenn man aber die ungemeine Größe der Erde gegen alle die Höhen über ihrer Oberfläche, in welche wir noch kommen, und auf welchen wir noch Beobachtungen anstellen können, erwägt, so wird man zuerst ohne merklichen Fehler für unsere Experimente, die Schwere als eine constante oder unveränderliche Kraft und die Richtung derselben durch die ganze Ausdehnung der unseren Beobachtungen unterworfenen Räume, als unter sich parallel, und auf der Oberfläche der Erde senkrecht oder als vertical annehmen können.

Man nimmt an, daß alle Körper der Natur aus unendlich kleinen Körpern oder aus Atomen bestehen, die ihrer Wesenheit und Gestalt nach unveränderlich und von einander durch Zwischenräume, Poren, getrennt sind, so daß jene Körper nur durch die Natur und durch das Verhältniß dieser Atome zu ihren Poren verschieden sind. Diese Atome sind es, auf welche man sich die Kraft der Schwere der Erde als unmittelbar wirkend vorstellt, woraus dann sofort folgt, daß die Totalwirkung der Schwere auf einen Körper von der Gestalt desselben ganz unabhängig ist. Diese Totalwirkung ist das, was man gewöhnlich das Gewicht des Körpers nennt. Dieses Gewicht P wird sich also überhaupt, wie die Intensität g der Schwere an jedem Orte der Erde, und für jeden besondern Körper, wie die Anzahl der in ihm enthaltenen Atome, d. h. wie die Masse M dieses Körpers verhalten, d. h. man wird die Gleichung $P = gM$ haben. Für verschiedene Körper wird die Masse M derselben desto größer seyn, je näher die verschiedenen Atome an einander liegen, oder je größer die Dichtigkeit D des Körpers ist, und je mehr Raum derselbe einnimmt, oder je größer das Volumen V des Körpers ist, wodurch man die Gleichung erhält $M = DV$. Auf diesen beiden Ausdrücken beruhen alle Vergleichungen, die man über das Gewicht, die Massen, und die Dichtigkeit der Körper anstellen kann.

§. 25. (Messungen der Schwere. I. Durch Waagen.) Da also, nach der ersten der vorhergehenden Gleichungen für denselben

Körper an den verschiedenen Orten der Erdoberfläche das Gewicht oder der Druck desselben auf seine Unterlage wie die Schwere an diesen Orten sich verhält, und da wir bereits wissen, daß sich die Schwere am Aequator zu der am Pole, wenn die Erde in der That rotirt, wie 289 zu 290 verhalten soll, so dürften wir nur, um unsere Hypothese von der Bewegung der Erde zu prüfen, einen Körper, dessen Gewicht z. B. am Aequator 289 Pfunde beträgt, nach einem der beiden Pole bringen, und dort wieder abwägen, wo er dann genau um ein Pfund schwerer gefunden werden soll. — Allein dieses Verfahren, so einfach es ist, führt nicht zum Ziele, da hier an ein eigentliches Abwägen nicht weiter gedacht werden kann, weil das Gewicht in der einen Schale der Waage ganz ebenso, wie der abzuwägende Körper selbst, denselben Veränderungen der Schwere unterliegt, und also unter dem Pole ebenfalls um seinen 289sten Theil schwerer geworden ist, daher diese Methode als ganz unbrauchbar verworfen werden muß.

§. 26. (II. Durch Rollen.) Wenn man über eine, um ihren Mittelpunkt bewegliche, Rolle einen Faden schlägt und in den Endpunkt desselben gleiche Gewichte hängt, so bleibt bekanntlich die Rolle, so wie die Gewichte selbst, in Ruhe, während bei der geringsten Verschiedenheit dieser Gewichte sogleich das Schwerere herabsinkt, und das leichtere steigt. Dasselbe würde auch der Fall seyn, wenn man den Faden über mehrere horizontal neben einanderstehende Rollen gehen lassen wollte. Gesetzt also, wir hätten zwei solcher Gewichte, entweder auf der ersten dieser Rollen, oder auf einer sehr empfindlichen Waage auf das genaueste abgeglichen, und wir errichteten dann eine Reihe von sehr hohen Rollen, die in abgemessenen Distanzen vom Aequator bis zu einem der Pole reichte. Wenn wir dann über alle diese Rollen einen Faden legten, und an seinen beiden herabhängenden Enden, vor der ersten Rolle am Aequator das eine, und nach der letzten aller dieser Rollen an dem Pole das andere Gewicht befestigten — würde nun, in dieser Lage der beiden gleichgroßen Gewichte, noch das Gleichgewicht bestehen? — Gewiß nicht, wenn anders unsere vorhergehende Theorie richtig ist, und die Erde sich in der That um ihre Axe bewegt. Das letzte Gewicht am Pole würde überwiegen und man würde dasselbe um seinen 289sten Theil leichter, oder

jenes am Aequator um eben so viel schwerer machen müssen, um das Gleichgewicht zwischen beiden wieder herzustellen. — Diese Methode wäre nun allerdings einfach genug, um sie zu verstehen, aber nicht, um sie auszuführen, da die Beschwerden und die Kosten der Vorrichtung, so wie die Hindernisse, welche von der Wirkung der Rollen und von der Steifigkeit und von anderer Unvollkommenheit der über 1350 Meilen langen Schnur erzeugt würden, das ganze Verfahren, so richtig auch die Theorie seyn mag, in der That scheitern machen würden.

§. 27. (III. Durch Attwoods Maschine.) Zwar könnte man mit einer einzigen solchen Rolle auch schon einen Versuch zu diesem Zweck anstellen. Die sogenannte Attwoodische Maschine, an welcher man bekanntlich die Gesetze der freifallenden Körper zu zeigen pflegt, besteht bloß aus einer solchen sehr beweglichen Rolle, deren Faden an seinen beiden Endpunkten zwei beträchtliche und gleich große Gewichte trägt. Wenn das eine derselben um einen geringen Theil vermehrt wird, so beginnt es sofort zu fallen und zwar desto langsamer zu fallen, je größer jene beiden gleichen Gewichte gegen das neu hinzugekommene sind. Wenn man den Fall des schweren Gewichtes, z. B. während einer Minute, genau messen, und dann dieselbe Beobachtung an einem andern Orte der Erde wiederholen wollte, so würde man allerdings zwei verschiedene Fallhöhen finden, und daraus auf die Verschiedenheit der Schwere dieser Orte schließen können, aber dieser Schluß würde äußerst unsicher, ja ganz unzuverlässig seyn. Denn es handelt sich hier, wie die vorhergehende kleine Tafel zeigt, nur um die Bestimmung einer ganz kleinen Größe von kaum dem zehnten Theil eines Fußes, die hier aus einer noch viel kleineren Verschiedenheit der beiden Fallräume bestimmt werden soll, wo dann der Schluß von dem Kleinen auf das Große hier, wie überall, mißlich ist, besonders da in unserem Falle noch die Unbiegsamkeit des Fadens, und die Reibung desselben an der Rolle, so wie die der Rolle an ihrer Axe, anderer Hindernisse nicht zu gedenken, beinahe unübersteigliche Hindernisse darbieten würde.

§. 28. (IV. Durch den Fall von großen Höhen.) In dieser Verlegenheit könnte man sich vielleicht an unmittelbare Fallversuche von hohen Thürmen wenden, und die erwähnten Beobachtungen

Benzenberges wiederholen. Man würde dann, der vorhergehenden Theorie zu Folge, finden sollen, daß ein schwerer Körper in sechs Sekunden unter dem Aequator 541,₈ und unter den Polen 543,₇ P. Fuß also nahe zwei Fuß tiefer fallen sollte. Diese Differenz wäre allerdings bedeutend genug, um bemerkt zu werden, allein man wird erstens nicht leicht so hohe Thürme finden, da selbst die Pyramiden, die größen von Menschenhänden errichteten Gebäude noch nicht die Höhe von 450 Fuß erreichen, und man würde zweitens auch, wenn man sie fände bald auf Hindernisse in der Ausführung stoßen, die von dem Widerstande der Luft, und von der großen Schnelligkeit der Körper zu Ende ihres Falles kommen, so daß man auch diesen Weg zu unserem Ziele als ungangbar verwerfen wird.

§. 29. (V. Durch andere Mittel). Eben so könnte man eine schiefe Ebene unter dem Aequator und unter den Polen so lange gegen den Horizont neigen, bis ein auf sie gelegter Körper die durch seinen Druck entstehende Reibung überwindet, und seine abwärts gehende Bewegung beginnt, wo man dann aus dem Neigungswinkel der Ebene an beiden Orten die ihnen entsprechende Schwere finden würde. — Eine Kugel, an beiden Orten mit derselben Kraft, z. B. des Pulvers, senkrecht aufwärts getrieben, würde am Aequator höher steigen als unter dem Pole, und die Differenz dieser beiden Höhen würde auch die Differenz der auf die Kugel wirkenden Schweren zu erkennen geben, — die Tiefe des Eindrucks, den derselbe Körper am Aequator und unter dem Pole auf einer weichen Unterlage, z. B. auf einer Wachstafel, zurückläßt; — ein senkrechter Faden, oder ein Metalldrath an beiden Orten mit den zum Zerreißen desselben nothwendigen Gewichten beschwert; — oder ein an seinen beiden Enden befestigter, und in seiner Mitte frei hängender Faden, der unter dem Pole tiefer zu dem Horizonte herabsteigen, oder eine ganz andere Kettenlinie beschreiben würde, als unter dem Aequator; — diese und noch manche andere Mittel sind, da sie in der That von verschiedenen Schweren auf verschiedene Weise afficirt werden, theoretisch richtig, und doch in der Ausführung ganz unbrauchbar, da die Beobachtungsfehler, welche man dabei nicht vermeiden kann, in den daraus abzuleitenden Resultaten Irrthümer erzeugen werden,

welche die durch sie zu bestimmende Größe selbst oft weit übersteigen können.

§. 30. (IV. Durch Spiralfedern). Da wir, wie man oben gesehen hat, mit dem eigentlichen Abwägen der Körper nicht zum Ziele kommen können, weil die Schwere auf den abzuwägenden Körper und auf sein Gewicht auf gleiche Weise einwirkt, so wollen wir noch eine andere Kraft aufsuchen, die von der Schwere wenigstens nicht unmittelbar afficirt wird. Eine solche ist z. B. die elastische Kraft einer Metallfeder. Denken wir uns also eine solche Spiralfeder, die an ihrem obersten Punkte befestigt ist, und an ihrem unteren ein Gewicht trägt, so daß der tiefste Theil dieses Gewichtes, eine unter ihr befestigte, wohl geglättete Tafel, z. B. von Agat, schon nahe berührt. Bringt man diesen einfachen Apparat unter den Pol, so wird man durch allmähliges Hinzufügen sehr kleiner Gewichte die Spiralfeder so weit verlängern können, daß das Gewicht mit der Steintafel in unmittelbare Berührung kömmt, was man ohne Zweifel mit großer Schärfe wird bewirken können. Wird dann derselbe Apparat in allen seinen Theilen unverändert unter dem Aequator aufgestellt, so kann wegen der hier kleineren Schwere das Gewicht nicht bis zur Agattafel herabsteigen, und man wird daher dem ersten großen Gewichte noch einige kleinere hinzufügen müssen, um auch hier den Contact wieder hervorzubringen, und die bekannte Größe dieses neuen Gewichtes wird sofort auch die Differenz der Schwere an beiden Beobachtungsorten angeben. Wenn es möglich ist, eine solche Spiralfeder zu verfertigen, bei welcher ein Gewicht von 10.000 Granen eine Verlängerung der Feder von 10 Zollen hervorbringt, so würde eine Vermehrung dieses Gewichts von einem Gran die Feder schon um den tausendsten Theil eines Zolles verlängern, eine Größe, die man mit Hilfe unserer Microscope noch immer deutlich bemerken kann, so daß wir also, mit einem solchen Apparat, an jedem Beobachtungsort die Schwere desselben bis auf ihren zehntausendsten Theil, also sehr genau, würden angeben können. Allein die Gleichförmigkeit der Ausdehnung solcher Federn, bei verschiedenen Gewichten, die Veränderlichkeit der elastischen Kraft, die Ausdehnung durch Temperatur, die Schwierigkeit des Transportes derselben, und andere nicht geringe Hindernisse wer-

den wohl auch hier nur wenig Hoffnung zu einem glücklichen Erfolge übrig lassen.

§. 31. (Uebersicht des Vorhergehenden). So haben wir also bisher keine anderen directen Beweise für die Umdrehung der Erde erhalten können, als die obenangeführten unmittelbaren Messungen derselben, die uns die Abplattung der Erde, als eine Folge ihrer Rotation, kennen gelehrt hat, und die Versuche über die östliche Ausweichung der von großen Höhen herabfallenden Körper. Allein die letzten wurden erst im Jahre 1802 angestellt, da die ähnlichen früheren kein zuverläßiges Resultat gaben. Selbst diese ließen noch Manches zu wünschen übrig, da die Fallhöhe von 260 Fuß noch zu klein war, und überdieß noch mehrere Umstände das ganze Verfahren mehr für eine Schätzung, als für eine eigentliche genaue Messung halten ließen. Ja selbst gegen jene erste Methode fingen sich mehrere Zweifel an zu regen. Denn die ersten wahren Vermessungen der Erde wurden nicht mit der Sorgfalt und mit den guten Instrumenten vorgenommen, die sie verdienten. Nach der Theorie sollten schon zwei derselben hinreichen, die Abplattung der Erde zu finden. Aber man fand sehr verschiedene Abplattungen, je nachdem man dieses oder ein anderes Paar von jenen Messungen unter einander verglich, so daß man sich lange nicht über die eigentliche Größe dieser Abplattung der Erde an den Polen vereinigen konnte. Ja einige Astronomen, und unter ihnen selbst Männer von Gewicht, läugneten dieselbe gänzlich, und wollten sogar der Erde eine an ihren Polen längliche Gestalt geben. So hatte der berühmte Cassini einen Grad der Erde im südlichen, und einen anderen im nördlichen Frankreich gemessen, und den letzten kleiner gefunden, als den ersten, da doch das Gegentheil Statt haben müßte, wenn die Erde in der That an den Polen abgeplattet wäre. Diese beiden Grade lagen in der That zu nahe, um die Sache zu entscheiden, aber was der guten Wahl der beiden Orte abging, schien die Geschicklichkeit und die Autorität des großen Geometers zu ersetzen. Auch nahm die französische Academie die Partei ihres Landsmannes auf eine sehr eifrige Weise, und erklärte sich einmüthig für die durch Cassini gefundene, an den Polen länglichte Gestalt der Erde, während Newton gegen sie die frühere Meinung vertheidigte, und die

Abplattung der Erde an ihren Polen durch theoretische Gründe, denn andere hatte man nicht, zu beweisen suchte.

§. 32. (Wirkung der Schwere auf den Gang der Uhren). So stand diese Angelegenheit, als im Jahre 1672, im dreißigsten Lebensjahre Newton's der französische Astronom Richer von Paris nach der Insel Cayenne reiste, die nur fünf Grade nördlich vom Aequator entfernt ist. Als er hier seine Pendeluhr, die in Paris genau nach mittlerer Zeit gestellt war, wieder aufstellte, fand er, daß sie täglich nahe um $2^1/_2$ Minuten zu spät ging, so daß er das Pendel nahe $^5/_4$ einer Pariser Linie verkürzen mußte, um seine Uhr auch in Cayenne mit der mittleren Zeit dieses Ortes übereinstimmend zu machen. Er konnte dieses sonderbare Ereigniß um so weniger einer Störung der Uhr während seiner Reise zuschreiben, da das so verkürzte Pendel, als er es wieder nach Paris zurückbrachte, um dieselbe Größe verlängert werden mußte, indem die Uhr bei seiner Ankunft in Paris täglich um 148 Secunden gegen die mittlere Zeit zu schnell ging.

Newton, dessen Scharfsinn sogleich die Ursache dieser Erscheinung entdeckte, stand nicht an, sie für den so lange gesuchten experimentalen Beweis der Rotation der Erde zu erklären. Seitdem sind die Beobachtungen dieser Art sehr vervollkommnet, und beinahe in allen Orten der Erde wiederholt worden, und sie haben nicht nur Newton's Ansicht von derselben vollkommnen bestätigt, oder einen vollständigen Beweis der Rotation der Erde geliefert, sondern sie haben uns auch den wahren Werth ihrer Abplattung an den Polen, und die Größe des Raumes, durch welche frei fallende Körper in der ersten Secunde gehen, mit einer Genauigkeit kennen gelehrt, die wir durch kein anderes Mittel hätten erreichen können. Endlich haben diese Pendel, auf eine zweckmäßige Art an unsere Uhren angebracht, unserer ganzen practischen Astronomie eine neuere, bessere Gestalt gegeben, daher wir sie hier, so weit es unser Gegenstand erfordert, näher betrachten wollen.

§. 33. (Secundenpendel). Ein Faden CA Fig. 6, der an seinem oberen Ende C befestigt ist, und an seinem unteren A einen schweren Körper z. B. eine kleine Kugel von Blei trägt, wird, wenn man ihn sich selbst überläßt, wegen der Wirkung der

Schwere der Erde, eine vertikale Lage CA annehmen. Wenn man aber den immer gespannten Faden sammt seinem Gewichte aus dieser vertikalen Lage CA in eine andere CB bringt, oder das Gewicht gleichsam aufhebt, und es dann wieder sich selbst überläßt, so wird es, durch dieselbe Wirkung der Schwere, wie die Erfahrung lehrt, wieder in die erste Lage zurückzukehren suchen, indem es, weil der Faden immer gespannt bleibt, den Kreisbogen BA um den Mittelpunkt C beschreibt. Wenn aber das Gewicht wieder seinen tiefsten Punkt A erreicht, so hat es durch seinen Fall in dem Bogen BA eine gewisse Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung AB′ erhalten, und diese Geschwindigkeit ist es, welche das Gewicht, wenn es in A angekommen ist, auf der anderen Seite der vertikalen Linie CA wieder aufwärts in den Bogen AB′ treibt, und zwar ebenso hoch, als es früher in B war, so daß die beiden Kreisbogen AB und BA′ einander gleich sind. Durch dieses Aufwärtssteigen in den Bogen AB′ hat es, in dem höchsten Punkte B′ seine Geschwindigkeit wieder gänzlich verloren, und sinkt daher, wegen der Anziehung der Erde, wieder durch den Bogen B′A, wie vorhin durch den Bogen BA, um, wenn es in A mit der früheren Geschwindigkeit ankömmt, wieder in den Bogen AB aufwärts zu steigen. Auf diese Weise setzt das Gewicht seine Schwingungen oder seinen Hin- und Hergang durch den Bogen BB′ immer in denselben Zwischenzeiten so lange fort, bis endlich die Reibung des Fadens bei seinem Aufhängungspunkte C und der Widerstand der Luft, in welcher sich das Gewicht bewegt, dasselbe in seinem tiefsten Punkte A zur Ruhe bringt. Nimmt man, statt des Fadens, eine Stahlstange AC, mit einer Oeffnung bei C, deren oberster Theil auf einer horizontalen Messerschneide, oder auf der scharfen Kante eines Prismas von hartem Steine oscillirt, so können diese Schwingungen des Pendels mehrere Stunden dauern, in welchen zwar der Bogen BB′ immer kleiner wird, aber die Zeit des Hin- und Herganges des Gewichts, — und diese ist es, auf die hier alles ankommt, — immer dieselbe bleibt.

Es ist für sich klar, daß die Zeit eines Schwunges des Pendels durch den Bogen BB′ desto größer seyn wird, je größer die Länge des Fadens ist, und ebenso, daß, bei derselben Fadenlänge,

die Zeit des Schwunges desto größer seyn, oder daß das Pendel desto langsamer gehen wird, je kleiner die Kraft ist, welche diese Bewegung des Pendels hervorbringt, d. h. je kleiner die Schwere der Erde ist. Aus dieser Ursache mußte daher Richer's Pendel in Cayenne, in der Nähe des Aequators, wo bei der rotirenden Erde die Schwungkraft am größten, also die Schwere am kleinsten ist, zu langsam gehen, und er mußte es verkürzen, um ihm denselben Gang wieder zu geben, welchen es früher in Paris unter der größeren Breite oder unter der größeren Schwere dieser Stadt hatte.

Am einfachsten wäre, die Länge des Fadens so lange zu ändern, oder was dasselbe ist, das Gewicht an der erwähnten Metallstange auf- und abwärts zu bewegen, bis das Pendel jede seiner Oscillationen durch den Bogen BB′ genau in einer Zeitsecunde zurücklegt, wo es dann ein Secundenpendel genannt wird. Man hat gefunden, daß die Länge eines solchen Pendels unter dem Aequator nahe $439,_{207}$ unter den Polen aber $441,_{593}$ Pariser Linien beträgt, deren 144 auf einen Fuß geben. Dieser Unterschied von nur $2,_{386}$ Linien ist allerdings sehr klein, aber man kann ihn durch die Art, auf welche diese Pendel beobachtet werden, mit der größten Genauigkeit bestimmen, und daher auch die daraus folgenden Resultate mit großer Sicherheit ableiten.

Man kann nämlich, zum Vortheile und zur großen Bequemlichkeit für den Beobachter, irgend ein gegebenes, und in seiner Länge unveränderliches Pendel an zwei verschiedenen Orten der Erde schwingen lassen, und bloß mittelst einer neben derselben aufgestellten Uhr die Anzahl der Schwingungen zählen, welche das Pendel an den beiden Orten in derselben Zwischenzeit, z. B. in einem ganzen Tage, vollendet, eine Beobachtung, die eben so leicht als sicher zu machen ist, und die allein schon hinreicht, das Verhältniß der Längen der Secundenpendeln sowohl, als auch das der Schwere an jenen beiden Orten der Erde, mit der größten Schärfe zu bestimmen, da dieses Verhältniß dasselbe ist, wie das der Quadrate der Anzahl jener Schwingungen. Hätte man z. B. bemerkt, daß irgend ein Pendel von irgend einer gegebenen Gestalt und Länge unter dem Aequator in einem vollen Tage 86.400, unter der Breite von London aber 86.535 Schwingungen macht,

so verhalten sich die Quadrate dieser Zahlen wie 1 zu 1,0031, und ebenso verhalten sich also auch an diesen beiden Orten die Länge der Secundenpendeln, so wie auch die Intensität der Schwere der Erde, d. h. eine Masse, die unter dem Aequator 10.000 Pfunde wiegt, oder vielmehr die mit diesem Gewichte von 10.000 Pfund auf ihre Unterlage drückt, wird in der Breite von London einen um 31 Pfund stärkeren Druck ausüben, als an seinem früheren Orte.

Die folgende kleine Tafel enthält die vorzüglichsten bisher gemessenen Längen des Secundenpendels, in Metern ausgedrückt, wo der Meter 3,078454 Pariser Fuß, oder 3,280899 Londoner, oder endlich gleich 3,163463 Wiener Fuß hat.

Station.	Breite.	Länge des Secundenpendels in Meter.
Moluckische Inseln	51° 32 südl.	0,994129
Port Jakson	33° 52 —	0,992586
Insel Ravak	0° 2 —	0,990958
Jamaika	17° 56 nördl.	0,991474
New-York	40° 43 —	0,993169
Paris	48° 50 —	0,993867
London	51° 31 —	0,994124
Unst	60° 45 —	0,994939
Hammerfest	70° 40 —	0,995541
Spitzbergen	79° 50 —	0,996056

§. 34. (Messung der Schwere durch Secundenpendel). Man sieht aus diesem Verzeichnisse, daß die Länge des Secundenpendels in der That mit den größeren Entfernungen von dem Aequator zunehme, und daß daher durch diese Beobachtungen die Voraussetzung der Rotation der Erde um ihre Axe vollkommen bestätigt wird. Eine genauere Vergleichung dieser Länge, zeigt, daß sie unter dem Aequator gleich 439,207 Par. Linien beträgt, und daß man für jede andere Breite die Länge ihres Secundenpendels erhält, wenn man zu der vorhergehenden Größe die Zahl 2,386, durch das Quadrat des Sinus dieser Breite multiplicirt, hinzu addirt. Daraus folgt zugleich eine sehr genaue Bestim-

mung des Fallraumes der schweren Körper in der ersten Secunde ihrer Bewegung. Am Aequator erhalten nämlich die Körper am Ende der ersten Secunde ihres Falles eine Geschwindigkeit, mit welcher sie, wenn sie dieselbe auch ferner beibehielten, in jeder folgenden Secunde den Raum von $30{,}_{10276}$ P. Fuß zurücklegen würden. Für jede andere Breite aber erhält man die ihr entsprechende Geschwindigkeit, wenn man zu der vorhergehenden Größe die Zahl $0{,}_{16354}$, ebenfalls durch das Quadrat des Sinus dieser Breite multiplicirt, hinzu addirt.

Wir könnten uns mit diesem schönen Beweise für die Rotation unserer Erde allerdings begnügen, da er der Art ist, daß er bei Keinem, der seinen Werth zu erkennen weiß, irgend einem Zweifel über ihn oder über die Sache selbst weiter Raum geben könnte. Da aber der Gegenstand für uns ebenso intressant als wichtig ist, so wird es erlaubt seyn, ihn noch kurz von einer andern Seite zu betrachten.

§. 35. (Beständige Ostwinde). Unsere Seeleute wissen sehr wohl, daß in der Entfernung von etwa zwanzig Graden vom Aequator nordwärts ein beständiger Nordostwind, und ebensoweit vom Aequator auf der südlichen Seite ein Südostwind beinahe durch das ganze Jahr weht, während nahe am Aequator selbst diese Winde nicht bemerkt werden. Man nennt sie die tropischen Winde (vents alisés oder trade-winds), und benützt sie gewöhnlich zur Ueberfahrt von Europa nach Amerika, indem man zuerst in gerader Richtung gegen Süden segelt, und sodann, wenn man in den Bereich dieser beständigen Ostwinde gekommen ist, sich von ihnen nach West führen läßt. — Die Entstehung dieser Winde hängt unmittelbar von der Rotation der Erde ab. Diejenige Zone der Erde nämlich, die sich bis auf 23 Grade zu beiden Seiten des Aequators erstreckt, ist, wie wir bald sehen werden, diejenige, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Zenithe sehen können, und wo es folglich am wärmsten ist, daher sie auch die heiße Zone genannt wird. In diesen Gegenden der Erde wird die sie umgebende Luft durch die größere Temperatur verdünnt, und daher leichter gemacht. Diese leichtere Luft erhebt sich über die benachbarte nördliche und südliche, kältere also auch dichtere Luft, und wenn sie eine gewisse Höhe erreicht hat, so fließt

sie, da sie an ihren Seiten nicht aufgehalten wird, gegen die beiden Pole hinab. Auf diese Weise entsteht zu beiden Seiten des Aequators, in den höheren Gegenden der Atmosphäre, ein beständiger Strom der Luft von dem Aequator nach den beiden Polen. Wenn aber diese Luft sich an dem Aequator von der Erde aufhebt, so muß sie daselbst einen verdünnten Raum zurücklassen, in welchen dann sofort die untere kältere und dichtere Luft von der Seite der beiden Pole eindringt, so daß also in der Nähe des Aequators in den unteren Gegenden der Atmosphäre ein beständiger Strom der kälteren Luft von den Polen gegen den Aequator, und in den oberen Gegenden ein entgegengesetzter Strom der wärmeren Luft von dem Aequator gegen die beiden Pole hin herrschen muß. Da aber die Atmosphäre, durch die Rotation der Erde von West nach Ost, sich gewiß schon seit Jahrtausenden mit derselben in's Gleichgewicht gesetzt hat, so wird jeder Theil der Atmosphäre dieselbe Rotationsgeschwindigkeit mit seinem Parallelkreise haben, also auch die den Polen nähere Luft sich langsamer drehen, als die am Aequator. Wenn daher die untere Polarluft in der heißen Zone neben der Oberfläche der Erde ankömmt, so wird sie eine kleinere Geschwindigkeit haben als der Aequator selbst, also hinter dem Aequator, oder hinter der Erdoberfläche gegen Westen zurückbleiben, und ebendadurch sich den Erdbewohnern daselbst, die ihre eigene schnelle Bewegung nach Ost nicht bemerken, als ein Stoß von Ost nach West, d. h. als ein beständiger Ostwind, fühlbar machen, oder genauer zu sprechen, der von Nord gegen den Aequator ziehende untere Luftstrom wird, in Verbindung mit der östlichen Rotation der Erde, einen Nordostwind, und der von Süden kommende ähnliche Luftstrom einen Südostwind erzeugen.

Obschon die, die Erde umgebende, Atmosphäre eine so geringe Dichtigkeit hat, daß die ganze Masse derselben von der unserer Erde wohl über hundert Millionenmal übertroffen wird, so würde doch ein beträchtliches Volumen dieser Luft, z. B. von mehreren Kubikmeilen, wenn es von den Polargegenden in die Nähe des Aequators plötzlich versetzt werden könnte, in dem letzten Orte wegen seiner verschiedenen Geschwindigkeit einen sehr heftigen Sturm erzeugen. Allein die so eben betrachtete Ver-

setzung der Luft aus den Polar- in die Aequatorialgegenden geht nur sehr langsam und allmählig vor sich, so daß die sie unmittelbar berührende Oberfläche der Erde Zeit genug hat, auf diese Luftschichten zu wirken, und ihnen, durch die Reibung derselben mit der Erde, nach und nach die Geschwindigkeit der letzteren zu ertheilen. Die Folge davon ist, daß jene langsameren Luftschichten, wenn sie an den beiden Gränzen der heißen Zone ankommen, und sich dem Aequator nähern, allmählig immer eine größere östliche Geschwindigkeit erhalten, und sich mit der Erde selbst in's Gleichgewicht setzen werden, um so mehr da die Parallelkreise also auch ihre Geschwindigkeiten, in der Nähe des Aequators sich nur sehr wenig ändern. Daraus folgt: daß dieses Gleichgewicht der Geschwindigkeit der von den Polen zu dem Aequator strömenden Luftschichten, mit der Geschwindigkeit der Erde selbst schon vor der Ankunft jener Schichten am Aequator sich hergestellt haben wird, und daß daher jene beständigen Ostwinde nur an den beiden Gränzen der heißen Zone herrschen, und in der Mitte derselben, am Aequator selbst, nicht mehr fühlbar seyn werden, wie es der Erfahrung vollkommen gemäß ist.

Im Gegentheile werden diejenigen wärmeren Luftschichten der heißen Zone, die sich ihrer geringen Dichtigkeit wegen erheben, und dann, wie wir oben gesehen haben, zu beiden Seiten gegen die Pole hin abfließen, wenn sie mit ihrer ursprünglich größeren östlichen Geschwindigkeit an der Oberfläche der Erde ankommen, der Erde gegen Ost voreilen, und uns daher auf der Nordseite des Aequators als ein Südwestwind, auf der Südseite desselben aber als ein Nordwestwind fühlbar werden, wodurch der Ursprung der so häufigen West- und Südwestwinde erklärt wird, die in ganz Europa und in den nördlichen Theilen des atlantischen Meeres beinahe das ganze Jahr durch herrschen, so wie alle diese Erscheinungen zugleich als Beweise der Rotation der Erde angesehen werden können.

§. 36. (Rotation anderer Himmelskörper). Endlich wird es auch hier, wie bei der Untersuchung der Kugelgestalt der Erde, erlaubt seyn, diese Erde nicht bloß als unseren Wohnort, sondern als einen derjenigen großen Körper zu betrachten, die in so großer Anzahl unseren nächtlichen Himmel schmücken. Wir kennen schon

mehrere derselben, an welchen wir mit unseren Fernröhren ebenfalls eine Rotation, und zwar auch in der Richtung von West gegen Ost beobachten. Der Mond dreht sich in 27³/₁₀ Tagen um seine Axe, die Sonne in 25¹/₂ Tagen, Mercur, Venus und Mars beinahe in einem Tag, wie unsere Erde, und Jupiter, der größte unter allen Planeten, und beinahe 1.300mal größer als die Erde, vollendet seine Rotation schon in 9⁹/₁₀ Stunden. Ein Beobachter auf der Oberfläche dieses Planeten würde also den ganzen Himmel in der kurzen Zeit von noch nicht zehn vollen Stunden um sich rotiren sehen, und doch würde diese Erscheinung für ihn nichts als eine leere Täuschung seyn, da nicht der Himmel, sondern Er selbst es ist, der sich sammt seinem Wohnort um die Axe desselben dreht. Diese schnelle Rotation Jupiters hat auch eine sehr starke Abplattung seiner ebenfalls nahe kugelförmigen Gestalt zu Folge, die wir mit unseren Fernröhren, ob er gleich selbst in seiner größern Nähe noch über 85 Millionen Meilen von uns entfernt ist, nicht nur deutlich sehen, sondern auch noch mit großer Schärfe messen können, und die den vierzehnten Theil seines Halbmessers oder 670 Meilen beträgt, während sie bei der Erde, wie wir oben gesehen haben, nur drei Meilen ist. — Wenn wir also diese Rotation und die unmittelbare Folge derselben, die Abplattung an den Polen, bei so vielen anderen Himmelskörpern bemerken, warum sollten wir sie, der Analogie gemäß, nicht auch bei unserer Erde voraussetzen dürfen?

§. 37. (Einwürfe gegen die Rotation der Erde). Aber, so viele Gründe sich auch für die Existenz dieser Rotation häufen lassen mögen, noch ist ein Einwurf unbeantwortet, den unsere Leser schon längst im Stillen gemacht haben werden. — „Aber warum fühlen wir denn diese Bewegung der Erde nicht?" werden sie fragen.

Dieser Frage könnte man sofort mit einer anderen begegnen: „Was sollen wir denn von dieser Bewegung fühlen?" — Doch nicht etwa das Rütteln und die Stöße derselben, die hier gar nicht Statt haben, da gerade diese Bewegung vielleicht die einzige in der Natur ist, welche mit immer gleicher Geschwindigkeit und ohne allen Stoß vor sich geht. Fühlen wir doch auch die Bewegung des Schiffes nicht, wenn es über den glatten Wasserspiegel

hingleitet, obschon wir dessenungeachtet dieser Bewegung sehr gewiß sind, weil wir alle Gegenstände am Ufer vor uns vorübereilen sehen, die doch, wie wir wohl wissen, unbeweglich auf denselben stehen. Und doch ist die Bewegung des Schiffes noch lange nicht so gleichförmig, wie die der Erde, da das Schiff nicht selten von Wind und Wellen hin und her getrieben wird, und seinen Lauf so oft ändert. Ueberhaupt sind die natürlichsten und gewöhnlichsten Bewegungen beinahe immer auch zugleich diejenigen, welche wir am wenigsten empfinden, und von deren Daseyn wir oft nichts ahnen. Dieß begegnet uns nicht bloß, wie wir später noch oft sehen werden, in der physischen, sondern selbst in der moralischen Welt. Welche innere Bewegungen sind uns wohl gewöhnlicher und stärker zugleich, als die der Eigenliebe, und wie selten sind wir uns dieser Triebfeder beinahe aller unserer Handlungen bewußt, wenn wir uns schmeicheln, sie aus ganz anderen, und viel edleren Gründen unternommen zu haben. Uebrigens ist jenes Beispiel eines auf der ruhigen Wasserfläche hingleitenden Schiffes, ein sehr treues Bild unserer gemeinschaftlichen Fahrt auf dem Weltenschiffe, der Erde, die wir, wenn wir sie gleich nicht unmittelbar fühlen, doch sehr gut in dem schnellen Vorübereilen der festen Inseln, und der glänzenden Körper erkennen, welche aus dem unermeßlichen Ocean des Himmels hervorragen. Außer unserem Schiffe scheint alles in Bewegung, wenn gleich in der That alles stille steht; in demselben aber, wo sich alles zugleich mit uns bewegt, können wir diese Bewegung unseres Schiffes nicht bemerken, nicht einmal an der Luft die wir athmen, weil die Atmosphäre der Erde sich mit der Erde zugleich, und mit derselben Geschwindigkeit, und nach derselben Richtung bewegt. Aber, könnte man weiter einwenden, wenn wir nun sammt unserer kugelförmigen Erde uns täglich einmal um ihre Axe drehen, so müssen wir ja, wenn wir jetzt aufrecht stehen, zwölf Stunden später, alle den Kopf abwärts tragen, oder den Kopf unten, und die Füße oben haben, und auch dieß sollen wir nicht bemerken? —

Durch unsere Seereisen, durch unsere sogenannten Reisen um die Welt, ist es eine ausgemachte Sache, daß wir Gegenfüßler oder Antipoden haben, d. h. daß es gegenüber von der Gegend der großen Kugel, die wir bewohnen, auch noch Menschen und

Thiere gibt, die ebenfalls, wie wir, auf ihren Füßen, und nicht auf ihren Köpfen gehen, obschon diese ihre Füße gegen die unseren, also in der Sprache jenes Einwurfs zu reden, aufwärts gerichtet sind. Da aber die Existenz der Antipoden durch unsere Reisen um die Welt über alle Zweifel erhoben ist, so ist auch die Möglichkeit eines solchen sogenannten aufrechten Standes derselben schon unmittelbar durch die Wirklichkeit dieses Standes erwiesen. Die Bewohner der Insel Sumatra in Ostindien sind denen der Stadt Quito in Süd-Amerika gerade entgegengesetzt, so daß eine gerade Linie, durch sie gezogen, durch den Mittelpunkt der Erde geht, und daß sie sich, wenn die Erde immer kleiner würde, endlich mit ihren Fußsohlen berühren würden. Die Sterne, die der eine gerade über sich, in seinem Scheitelpunkte sieht, werden für den anderen unsichtbar seyn, weil sie in seinem Fußpunkte stehen, und von der Erde verdeckt sind. Aber nach zwölf Stunden wird umgekehrt jener dieselben Sterne in seinem Fußpunkte haben, und dieser sie über seinem Scheitel sehen. Beide stehen also in der That in einander ganz entgegengesetzten Lagen, und beide geben doch den Kopf aufwärts, mit ihren Füßen auf der Erde, wie alle jene Seefahrer erzählten, und wie sie es auch an sich selbst erfahren haben, wenn sie die Gegenden betreten, die denjenigen, von welchen sie mit ihren Schiffen ausgefahren sind, gerade entgegen liegen. Wer dieß läugnen wollte, müßte auch zugleich läugnen wollen, daß je ein Schiff diese Reise um die Welt gemacht habe.

In der That stehen auch unsere Antipoden mit ihren Füßen gegen uns, aber sie stehen dessenungeachtet aufwärts so wie wir. Denn was nennen wir aufrecht stehen? Doch wohl: mit den Füßen gegen die Erde, und mit dem Kopf gegen den Himmel gerichtet seyn? — Nun wohl, ganz ebenso stehen ja unsere Antipoden auch, so wie wir selbst. Für uns ist oben was weiter von der Erde, und unten was näher bei der Erde ist, und ganz ebenso werden diese Worte auch von unseren Antipoden verstanden, denn auch sie glauben ohne Zweifel, daß sie den Kopf über den Füßen tragen, weil er auch bei ihnen weiter als diese von der Erde weggekehrt, weil er auch bei ihnen, wie bei uns, gegen den Himmel gewendet ist. Der Regen fällt für sie ganz ebenso von d nach D (Fig. 1) nämlich vom Himmel zur Erde herab, wie er bei uns von a nach

B zur Erde herabfällt, und beide Richtungen dD und aB, wenn sie gleich an sich entgegengesetzt sind, sind es doch nicht mehr in Rücksicht auf die Bewohner der Erde, die alles auf den Mittelpunkt C derselben beziehen, da für sie der Regen, so wie jeder Stein, immer in derselben Richtung, nämlich immer gegen den Mittelpunkt der Erde fällt. — Und wohin sollte er denn auch von D nach d, von der Erde wegfallen? Er fällt von a nach B, weil ihn die Erde nach ihrem Mittelpunkte C anzieht. Von D nach d hin aber zieht ihn nichts an, umgekehrt vielmehr: von d nach D hin wird er angezogen, und zwar wieder, wie zuvor, nach dem Mittelpunkte C der Erde, daher er dann auch wieder von d nach D fallen, und daher eben durch diesen Fall derselben Richtung nach dem Mittelpunkte folgen muß, welchem er in seinem Falle von a nach B gefolgt war.

Warum fallen aber dann, hört man diese Leute sagen, nicht auch Sonne, Mond und Sterne zur Erde, wenn diese alles zu ihrem Mittelpunkte anzieht? — So können aber nur diejenigen fragen, die nicht wissen, daß kein Körper in der Natur seine Stelle ändert, ohne daß er durch eine fremde Kraft dazu gezwungen wird. Wenn der Stein auf unserer Erde gehalten werden muß, damit er nicht falle, so kömmt dieß daher, weil er von der Kraft der Erde, von der Schwere angezogen wird. Aber die Sterne werden von ihr nicht mehr angezogen, weil die Erde viel zu klein, und viel zu weit von ihnen entfernt ist, um noch auf sie wirken zu können, daher denn auch die Sterne keiner Unterstützung bedürfen, um diese Anziehung der Erde zu hindern.

Sie sind in den weiten Räumen, in welchen wir sie erblicken, nicht befestigt, und sie haben es auch nicht Noth, weil nichts da ist, was sie aus ihrer Stelle bringen könnte, und ganz dasselbe gilt auch von unserer Erde, die, wie jene Himmelskörper, frei im Weltraume schwebt, und nach keiner Seite hin fallen kann, weil sie nach keiner angezogen wird. Da eigentlich alle Theile der Erde einander anziehen, und da alle gleichmäßig gegen ihren Mittelpunkt drücken, oder gegen denselben schwer sind, so wird dadurch die Schwere der einen Halbkugel, durch die gleich große Schwere der anderen aufgehoben, so daß die ganze Masse der Erde eigentlich nach keiner Gegend des Sonnensystems mit ihrem ganzen

Gewichte drückt, sondern sich selbst, in ihrem Mittelpunkt, das Gleichgewicht hält, und nur gegen die Sonne eine, obschon verhältnißmäßig viel geringere Kraft der Schwere äußert, durch welche sie eben in ihrer Bewegung um diesen großen Centralkörper unseres Systemes erhalten wird, wie wir weiter unten sehen werden. Doch genug, und vielleicht schon mehr als genug, über einen Gegenstand, der wohl in früheren Zeiten manche sogenannte gelehrte Streitigkeit, und selbst manchen Kampf anderer Art veranlaßte, der aber bereits in unseren Tagen so oft und von so vielen Seiten erörtert worden ist, daß die wahre Ansicht desselben selbst schon bis zu dem gemeinen Manne vorgedrungen ist, und daß noch weitere Zweifel nur Unwissenheit und Unverstand verrathen können.

Kapitel III.

Jährliche Bewegung der Sonne.

§. 38. (Erste Erscheinungen). Wir haben im Vorhergehenden gesehen, daß der ganze Himmel mit seinen Gestirnen sich täglich von Ost gegen West zu drehen scheint, und daß die wahre Ursache dieser Erscheinung in der Erde liegt, die sich in derselben Zeit, aber in entgegengesetzter Richtung, von West gegen Ost, um ihre Axe dreht, während der sie rings umgebende Himmel mit seinen Sternen in Ruhe bleibt. Allein wenn wir diese Gestirne einzeln näher betrachten, so finden wir bald, daß einige derselben eine merkwürdige Ausnahme von dieser allgemeinen Ruhe des Himmels machen. Bei weitem die meisten Sterne kommen nämlich in der That am Ende eines jeden Tags, immer wieder genau an denselben Ort, wo wir sie am Ende der vorhergehenden Tage gesehen haben. Auch behalten sie unter sich selbst immer dieselbe Lage unverändert bei, so daß z. B. solche Sterne, welche eine gerade Linie, ein Dreieck, einen Kreis unter sich bilden, diese Gestalt ihrer Gruppirung am Himmel nicht weiter ändern. Aber unter diesen in der That zahllosen Sternen, die ihren Ort am Himmel gleichsam fixirt haben, und die man daher Fixsterne nennt, gibt es doch auch einige, welchen diese Benennung nicht zukömmt, da man sie ihre Stelle am Himmel ändern, und mit verschiedenen Geschwindigkeiten und nach allen Richtungen von einem Fixsterne zum andern wandern sieht. Man hat sie daher Wandelsterne oder Planeten (πλανεω, herumschweifen) genannt.

Ein solches Gestirn ist z. B. der Mond. Wenn man ihn mehrere aufeinanderfolgende Nächte nur mit einiger Aufmerksamkeit betrachtet, so findet man, daß er unter den fixen Gestirnen des Himmels von West gen Ost mit einer gewissen, sehr auffallenden Regelmäßigkeit fortgeht; daß die Sterne, bei welchen wir ihn z. B. gestern um Mitternacht sahen, heute um dieselbe Zeit schon nahe dreizehn Grade westlich von ihm stehen, und daß er überhaupt seinen östlichen Umlauf an dem gestirnten Himmel in nahe 27¹/₄ Tagen vollendet. Aehnliche, nur bei weitem weniger regelmäßige Bewegungen bemerken wir noch an einigen andern Himmelskörpern, die wir weiter unten näher kennen lernen werden. Ja selbst die Sonne scheint zu diesen Wandelsternen zu gehören, da auch sie ihren Ort unter den Sternen des Himmels mit jedem Tage ändert.

§. 39. (Woran die Bewegung der Sonne erkannt wird). Es mag allerdings schon etwas mehr Aufmerksamkeit und Ueberlegung erfordert haben, diese Bewegung der Sonne zu erkennen, weil nämlich dieser Weltkörper alles um sich her verfinstert, oder vielmehr alles so mit seinem Lichte erfüllt, daß dadurch die Sterne, diese festen Punkte des Himmels, mit welchen man den täglichen Stand vergleichen könnte, ganz unsichtbar werden. Allein, wenn auch diese Sterne, welche wir an unserm nächtlichen Himmel erblicken, unter sich selbst immer dieselbe Lage behalten, so sieht man doch auch nicht zu allen Zeiten immer dieselben Sterne. Das Schauspiel, welches sie uns darbieten, verändert sich mit jedem Tage etwas, und völlig derselbe Auftritt kömmt genau um dieselbe Jahreszeit wieder. So sehen wir z. B. das schöne und allgemein bekannte Sternbild des Orion in der Mitte des Dezembers genau um Mitternacht am höchsten über dem Horizonte, oder im Meridian (Einl. 14). Allein in vierzehn Tagen, oder im Anfange eines jedes neuen Jahres erblicken wir dieses Sternbild schon viel früher an jenem Orte, nämlich um 10 U. 48 M. Abends; am 1. Februar noch früher, um 8 U. 46 M.; am 1. März schon um 7 U. 0 M. u. s. w., so daß also dieses Sternbild am Ende eines jeden Monats zur Zeit der Mitternacht um nahe 30 Grade weiter gegen Westen steht, als es am Anfange dieses Monats stand. In der Mitte des März ist es schon so weit gegen West

Bayerische Staatsbibliothek München

vorgerückt, daß die Mitte dieses Sternbilds, oder der sogenannte Jacobsstab, zur Zeit der Mitternacht bereits untergeht. Auf dieselbe Weise wird man bemerken, daß solche Sternbilder, die in einer gewissen Jahreszeit um Mitternacht aufgingen, sechs Monate später um Mitternacht untergehen. Nicht minder bekannt ist der schöne Stern Aldebaran, der größte der Hyaden im Sternbilde des Stiers. Um die Mitte des Mai sieht man ihn noch bald nach Sonnenuntergang auf der Westseite in der Nähe der Sonne, nach welcher er etwa in einer Stunde ebenfalls untergeht. Gegen das Ende dieses Monats sieht man ihn gar nicht mehr, weil die Sonne an dieselbe Stelle des Himmels gekommen ist, die Aldebaran einnimmt. Aber gegen das Ende des Junius erblickt man ihn wieder auf der Ostseite auf einige Augenblicke kurz vor dem Aufgange der Sonne, und nun sieht man ihn mit jedem folgenden Tage immer früher vor der Sonne aufgehen, so daß er also auch immer länger in den letzten Stunden der Nacht sichtbar bleibt, bis er endlich in dem Lichte der aufgehenden Sonne, oder mit dem Anbruche des hellen Tages, verschwindet. Die Alten waren auf diese Verschwindung der Sterne oder auf die Zeit, wo ein Stern mit der Sonne zugleich auf- und untergeht, sehr aufmerksam, und sie nannten dieselbe den cosmischen Auf- und Untergang, so wie sie die Zeit, wo der Stern kurz vor dem Aufgange der Sonne auf-, und kurz nach dem Untergange derselben untergeht, den helischen Auf- und Untergang des Sterns hießen. Aus der Wiederkehr dieser Phänomene, also aus dem Ein- und Austritte gewisser Sterne in und aus den Sonnenstrahlen, schloß man, daß die Sonne wieder an derselben Stelle des Himmels sey, daß sie also in der Zwischenzeit ihren ganzen Umlauf um die Erde zurückgelegt habe. Man nennt diese Zeit eines Umlaufs der Sonne bekanntlich das Jahr, und die Alten wurden, eben durch diese Art von Beobachtungen, bald gewahr, daß die Länge oder die Dauer dieses Jahrs nahe 365¼ Tage betrage.

Am deutlichsten bemerkt man dieses Fortrücken der Sonne, wenn man auf diejenigen Sterne merkt, die zu verschiedenen Jahreszeiten um Mitternacht (§. 26) am höchsten in Süden stehen, also eben durch den Meridian (§. 14) des Beobachters gehen. Im Anfange des Frühlings sehen wir um Mitternacht am südlichen

Bayerische Staatsbibliothek München

Himmel die Sternbilder des Löwen und der Jungfrau, in den ersten Sommernächten, zur Zeit der Mitte des Junius, das Sternbild des Hercules und die zwei schönen Sterne Wega in der Leyer und Altair im Adler, im Anfange des Herbstes den Pegasus, die Kassiopeia und Andromada, und im Anfange des Winters endlich, oder gegen das Ende des Jahres den Stier mit den oben erwähnten Hyaden und Plejaden, ferner den Sirius, den größten aller Fixsterne, und den Orion, das schönste aller Sternbilder. Da nun alle diese, der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten gegenüberstehenden Sterngruppen in der oben angeführten Ordnung von West gegen Ost um den Himmel liegen, so muß auch die Sonne selbst in ihrer jährlichen Bewegung sich in derselben Richtung, oder ebenfalls von West gen Ost, bewegen.

Uebrigens lassen sich diese Erscheinungen allerdings auch eben so gut durch eine eigene Bewegung der Sonne gegen Ost, als durch eine gemeinschaftliche Bewegung des gesammten Himmels mit allen seinen zahllosen Fixsternen gegen West erklären. Wenn wir aber nicht wieder, wie in dem großen Kapitel bei der Rotation der Erde, in den Widerspruch fallen wollen, die ganze Welt um einen einzigen Punkt zu bewegen, bloß weil wir diesen Punkt, ohne allen weitern Grund, für unbeweglich gelten lassen wollen, so werden wir sofort für die erste dieser Erklärungen, für eine Bewegung der Sonne gen Ost, stimmen müssen, um so mehr, da der Mond und alle übrigen oben erwähnten Planeten ebenfalls, und zwar mit ganz andern Geschwindigkeiten, und nach ganz andern Richtungen, ihren Ort unter den Sternen des Himmels ändern.

Wir sind also, unsern Beobachtungen und den daraus gezogenen Schlüssen gemäß, gleichsam gezwungen, anzunehmen, daß die Sonne eine eigene Bewegung von West gegen Ost habe, und daß sie diesen ihren Weg um die Erde in einem Jahre vollende, oder daß sie auf diesem ihrem Wege täglich etwas weniger als einen Grad (genauer $0{,}_{986}$ eines Grades) gen Ost weiter rücke. Dieß von der Zeit, oder, was dasselbe ist, von der Geschwindigkeit, mit welcher die Sonne um uns geht. Welches ist aber die Lage dieser Bahn der Sonne am Himmel? Ist sie mit

Aequator parallel, oder bildet sie mit dem Aequator irgend einen Winkel, und welchen?

§. 40. (Die Sonnenbahn ist gegen den Aequator geneigt). Wenn diese Bahn der Aequator selbst oder doch ihm parallel wäre, so müßte die Sonne für jeden bestimmten Ort der Erde, z. B. für Wien, durch das ganze Jahr offenbar immer an demselben Punkte des Horizonts, etwa immer bei derselben Bergspitze, auf- und untergehen, wie wir dieß bei den Fixsternen in ihrer täglichen Bewegung bemerken. Beschriebe sie z. B. den Parallelkreis des Aldebarans am Himmel, so müßte sie auch alle Tage des Jahrs in demjenigen Orte des Horizonts auf- und untergehen, in welchem wir diesen Fixstern, und eben so alle andern Punkte seines Parallelkreises, auf- und untergehen sehen. Auch müßte dann ihre Sichtbarkeit über unserm Horizont, d. h. die Länge des Tages, während des ganzen Jahres immer gleich groß, nämlich dieselbe mit der Sichtbarkeit des Aldebarans selbst seyn. Allein dieß widerspricht allen unsern Erfahrungen. Die Längen unserer Tage sind, wie wir Alle wissen, sehr ungleich, da sie z. B. für Wien im Winter, wenn sie am kürzesten sind, nur 8 St. 10 M., und im Sommer, wenn sie am längsten sind, 16 St. 6 M. dauern. Auch geht, wie nicht weniger allgemein bekannt ist, die Sonne im Sommer sehr viel näher bei Norden auf und unter, als im Winter, wie sie denn auch in jener Jahreszeit im Mittag viel höher steht, als in dieser. Die beiden äußersten Punkte des Horizonts, bei welchen die Sonne im Sommer und im Winter auf- und untergeht, bilden in unsern Gegenden den sehr beträchtlichen Winkel von 73 Graden, und dieser Winkel ist für nördlicher liegende Länder noch viel größer. Eine nur geringe Aufmerksamkeit auf diese so auffallenden Unterschiede mußte daher auf die Idee leiten, daß die Sonne in ihrer eigenen Bewegung von West gegen Ost auch zugleich von einem Parallelkreise zum andern übergeht, daß sie jeden Tag den Parallelkreis desjenigen Sterns beschreibt, in dessen Nähe sie sich an diesem Tage eben aufhält, und daß also auch die Bahn, welche sie während des ganzen Jahres zurücklegt, gegen alle jene Parallelkreise unter einem gewissen Winkel geneigt ist, so daß alle diese Parallelkreise von der Sonnenbahn unter diesem Winkel geschnitten werden.

§. 41. (Vorläufige Bestimmung der Sonnenbahn). Allein, wie groß ist dieser Winkel, oder mit andern Worten: welches ist die wahre Lage der Sonnenbahn am Himmel, und welches sind die Sterne, durch welche sie sich hinzieht?

Wenn wir auch die Sterne, in deren Nähe die Sonne sich aufhält, wegen des zu starken Lichtes der letztern nicht sehen können, wie dieß, nach dem oben Gesagten, bei dem Monde geschieht, so können wir dafür (und dieß wird uns zu demselben Ziele führen) diejenigen Sterne des Himmels desto besser sehen, die der Sonne gerade gegenüberstehen. Denn so wie wir die Zeit des Tages Mittag (Einl. §. 26) nennen, wenn die Sonne (S. Fig. 1) in Süden ihre größte Höhe über dem Horizonte erreicht, oder durch den obern Theil des Meridians (§. 14) geht, so nennen wir auch Mitternacht die Zeit, wann die Sonne S''' im Norden am tiefsten unter dem Horizonte steht, oder in ihrer, uns unsichtbaren, untern Culmination (§. 26) ist. Da man nun bereits wußte, daß die Sonne ihren Kreislauf um die Erde in der Zeit eines Jahres von 365¹/₄ Tagen zurücklege, so konnte man daraus schließen, daß sie sich jedesmal nach einem halben Jahre wieder in dem Punkte des Himmels befinden werde, der jenem gerade entgegengesetzt ist, in welchem sie sich heute befindet. Hatte man also einmal z. B. an dem kürzesten Tage des Jahres die mittägige Höhe der Sonne gemessen, wozu man sich einer senkrecht in dem Boden errichteten Stange oder einer Mauer bedienen konnte, so mußte ein halbes Jahr nachher in der Mitte der kürzesten Nacht, derjenige Punkt der Sonnenbahn, in welchem sie sich vor einem halben Jahre befand, wieder über der Stange oder über der Mauer stehen, wenn nämlich das Auge des Beobachters auch wieder dieselbe Stelle einnahm. Diesen Punkt der Sonnenbahn konnte man sich aber leicht merken, weil man an dieser Stelle Sterne sah. Auf diese Weise konnte man an mehreren Tagepaaren, die immer um ein halbes Jahr von einander entfernt sind, verfahren, und so alle die Sterne des Himmels, durch welche die Sonne ihren Weg nimmt, und zugleich die Zeit bestimmen, wann sie zu diesen Sternen kömmt.

Diese Beobachtungsart mag vielleicht die erste gewesen seyn, die man angestellt hat, um die Bahn der Sonne am Himmel zu

bestimmen. Allein sie ist weder sehr bequem, noch auch genau zu nennen, da das erwähnte Alignement mit einer Stange oder einer Mauer keiner großen Schärfe fähig ist, und da endlich, wie wir später sehen werden, die Sonne in ihrer Bahn nicht gleichförmig, sondern bald geschwinder, bald langsamer fortgeht, so daß dadurch die vorhergehende Voraussetzung, daß sie in einem halben Jahre genau in dem entgegengesetzten Punkte ihrer Bahn sey, unrichtig und mit dieser Voraussetzung auch die ganze Methode, wenn man durch sie ein genaues Resultat verlangt, unbrauchbar wird. Uebrigens könnte man sich die lästige Wiederholung dieser Beobachtungen ersparen, da in der That schon ein einziger Tag hinreicht, die Lage der Ecliptik auf diese obschon unzuverläßige Weise zu bestimmen, wenn man nämlich dazu, wie zuvor, den längsten oder auch den kürzesten Tag des Jahres nimmt.

§. 42. (Vereinfachung dieser genäherten Bestimmung der Sonnenbahn). Man wußte nämlich bereits, daß gegen die Mitte des März und Septembers für die ganze Erde die Länge des Tages eben so groß als die Nacht ist, und daß daher (Einl. §. 24, II) an diesen beiden Tagen die Sonne im Aequator seyn, also auch hier die Ecliptik den Aequator schneiden müsse, weil dieser Parallelkreis der einzige ist, für welchen der Tag- und Nachtbogen gleiche Größe hat. Da aber der Aequator den Horizont in zwei Punkten, die von Süd und Nord gleich weit entfernt sind, oder in dem Ost- und Westpunkte (Einl. §. 16) schneidet, so war es genug, nur an einem jener beiden Tage der Nachtgleichen den Auf- und Untergang der Sonne zu beobachten, um sofort auch in seinem Horizonte diejenigen zwei Punkte aufzufinden, welche dem Ost- und Westpunkte entsprechen. Hatte man aber einmal diese beiden Punkte, so durfte man nur noch an demselben Tage, z. B. um Mittag, die Sonne ansehen, und sie, etwa nach dem Augenmaße, mit jenen zwei Punkten verbinden, um sofort die Lage des Aequators am Himmel gleichsam mit einem Blicke zu übersehen. Genauer wird man diese Lage erhalten, wenn man eine Ebene, z. B. eine Tafel, durch jene beiden Punkte, den Ost- und Westpunkt des Horizonts, legt, und dann diese Tafel um die durch jene Punkte gehende Linie um eine Axe so lange dreht, bis das in dieser Tafel stehende Auge des Beobachters die Sonne

in der Ebene der Tafel erblickt, um dadurch sogleich die Hälfte desjenigen Kreises zu bestimmen, die der Aequator am Himmel beschreibt, woraus sich dann die andere Hälfte von selbst ergibt.

Ganz auf dieselbe Weise wird man nun auch mit der Ecliptik verfahren, nur wird man dazu nicht die Tage der Nachtgleichen, sondern die der Solstitien, d. h. den längsten oder auch den kürzesten Tag des Jahres, wählen. Wir haben bereits gesehen, daß die Sonne an den zwei Tagen der Nachtgleichen in der Ebene des Aequators ist, wo sie dem Horizont in zwei einander gegenüberstehenden Punkten, in Ost und West, begegnet. Die beiden Punkte des Aequators, welche sie an diesen zwei Tagen einnimmt, müssen also auch zwei Puncte der Sonnenbahn seyn, und da diese zwei Punkte einander genau entgegen gesetzt sind, so wird diese Sonnenbahn den Aequator in zwei gleiche Theile theilen, und daher (Einl. 6) selbst ein größter Kreis des Himmels seyn. Man nennt daher auch diese beiden der Ecliptik und dem Aequator gemeinschaftlichen Punkte die Aequinoctial- oder Nachtgleichenpunkte, und zwar den einen, wo die Sonne im Anfange des Frühlings, am 21. März, ist, den Frühlingspunkt, und den andern, welchen sie im Anfange des Herbstes, am 22. September, einnimmt, den Herbstpunkt. — Zur Zeit der Solstitien aber, ein Vierteljahr vor und nach der Zeit der Nachtgleichen, ist die Sonne in der Mitte zwischen dem Frühlings- und Herbstpunkte, oder von jedem derselben um 90 Grade entfernt. Man darf daher nur am Mittage eines dieser beiden Tage, deren einer der längste, und der andere der kürzeste Tag des Jahres ist, die Sonne im Meridian beobachten, um sofort drei Punkte zu übersehen, die alle in der Ebene der Ecliptik liegen, nämlich den Mittelpunkt der Sonne in Süden, und die beiden bereits bekannten Ost- und Westpunkte des Horizonts, die an dem Mittag dieser beiden Tage mit den beiden Nachtgleichenpunkten zusammenfallen, wo dann wieder eine durch diese drei Punkte gelegte Ebene, wenn man sie bis an den Himmel verlängert, an demselben den gesuchten größten Kreis der Sonnenbahn oder die Ecliptik anzeigen wird. Man nennt diese beiden Punkte der Ecliptik, die von dem Aequator am weitesten abstehen, die Solstitial- oder Wendepunkte, und zwar den höchsten, den die

Sonne gegen den 21. Junius einnimmt, die Sommerwende, und den tiefsten, wo sie am 22. Dezember ist, die Winterwende.

§. 43. (Quadrant als Instrument zum Höhenmessen). Allein da man auf diese Weise, wie gesagt, weder die Ecliptik, noch auch selbst den Aequator am Himmel mit großer Genauigkeit angeben kann, so wird man, da diese beiden Kreise für die gesammte Astronomie von der äußersten Wichtigkeit sind, noch auf andere Mittel bedacht seyn müssen, die Lage derselben mit der größten Schärfe festzusetzen, und hier ist es, wo wir zuerst gezwungen sind, zu eigentlichen astronomischen Beobachtungen, mit Hilfe eines Instrumentes, unsere Zuflucht zu nehmen.

Es ist leicht, sich ein solches Instrument vorzustellen, mit welchem man die Höhe der Gestirne, und überhaupt alle Gegenstände messen kann. Sey z. B. ACB (Fig. 7) eine ebene Tafel in der Gestalt des vierten Theiles eines Kreises ausgeschnitten, so daß der Punkt C der Mittelpunkt dieses Kreises, und der Winkel 0.C.90 gleich einem rechten Winkel sey. Die Peripherie AB dieses Quadranten sey in seine einzelnen Grade, und selbst in die kleinern Theile des Grades eingetheilt, und um den Mittelpunkt C bewege sich, als um eine Axe, ein Fernrohr oder ein Diopter so, daß dessen Länge in allen Punkten des Quadranten mit der Ebene desselben parallel bleibe. Man denke sich nun dieses Instrument an einem Pfeiler oder an einer Wand so befestigt, daß die Ebene ABC desselben genau vertical (Einl. §. 8) und der höchste Halbmesser C0 desselben vollkommen horizontal ist. Zeigt nun in diesem Zustande das Fernrohr, wenn es in die Lage des höchsten Halbmessers C0 gebracht wird, dem Auge des Beobachters in 0 den Stern S, so wird dieser Stern in dem Horizonte des Beobachters liegen, oder seine Höhe wird Null seyn. Wird aber das Fernrohr in die Lage des Halbmessers C.30 gebracht, und sieht dann das Auge in 30 den Stern S′, so wird, da 0CS, nach der Voraussetzung, eine horizontale Linie ist, die Höhe des Sterns S′ gleich dem Winkel SCS′ seyn, oder, da die Scheitelwinkel SCS′ und 0.C.30 einander gleich sind, so wird die Höhe des Sterns S′ über dem Horizonte CS des Beobachters 30 Grade betragen, und eben so wird die Höhe des Sterns S″ gleich SCS″ oder

O.C.60, das heißt gleich 60 Graden, seyn u. s. w. Man sieht, daß ein Instrument dieser Art, wenn es mit Sorgfalt gebaut, und mit Umsicht behandelt wird, die Höhen der Gestirne mit großer Genauigkeit anzugeben vermag.

§. 44. (Bestimmung der Polhöhe durch Beobachtung). Dieses vorausgesetzt, wollen wir nun dieses Instrument, ohne die verticale Lage seiner Ebene, und die horizontale Lage seines höchsten Halbmessers O.C zu ändern, in die ebenfalls verticale Ebene (Ein. §. 14) des Meridians, und zwar so bringen, daß die Seite C desselben gegen Nord und die Seite A gegen Süd gekehrt ist. Beobachten wir in dieser Stellung des Quadranten die Höhe eines dem Weltpole N (Fig. 1 oder 2) nahen Sterns, der nicht mehr auf- und untergeht, und daher (Einl. §. 26) den sichtbaren Theil des Meridians täglich zweimal durchschneidet. Zur Zeit seiner oberen Culmination in D ist die Höhe des Sterns HD, und, zwölf Stunden vor oder nachher, zur Zeit seiner untern Culmination in B, ist die Höhe desselben HB. Da aber (Einl. §. 24) alle Punkte jedes Parallelkreises von jedem der Weltpole gleichweit abstehen, so ist BN gleich ND, so daß man daher sagen kann, die beiden beobachteten Höhen des Sterns sind

in der obern Culmination gleich HN mehr ND,

und in der untern Culmination gleich HN weniger ND,

woraus folgt, daß das Mittel aus beiden Höhen gleich HN oder gleich der Polhöhe (§. 18, I) des Beobachtungsortes ist, welche Polhöhe zugleich den Abstand des Beobachters von dem irdischen Aequator, d. h. die geographische Breite (§ 18 u. 23) desselben ausdrückt.

Man erhält also die Polhöhe eines Ortes, wenn man die Höhen eines nicht untergehenden Sternes in seinen beiden Culminationen beobachtet, und von der Summe dieser Höhen die Hälfte nimmt. Von dem bereits oben erwähnten Polarstern beobachtete man z. B. in Wien diese beiden Höhen 49° 48′,8 und 46° 36′,4. Die Summe derselben ist 96° 25′,2 und ihre Hälfte 48° 12′,6 ist daher die gesuchte Polhöhe von Wien.

§. 45. (Gleichmäßige Bestimmung der Declination der Sterne durch Beobachtung). Diese Beobachtungsart gibt zugleich ein gutes Mittel, nebst der Polhöhe des Beobachtungsorts auch die

Declination (§. 13) des Sterns zu bestimmen. Es ist nämlich der Unterschied der beiden Höhen HD und HB gleich BD oder gleich 2ND, das heißt: die halbe Differenz der zwei beobachteten Höhen ist gleich dem Abstande des Sterns D von dem Pole N, oder gleich ND, und da NQ gleich 90° ist, so ist QD gleich 90° weniger ND, oder mit andern Worten: Man erhält die Declination des beobachteten Sterns, wenn man die halbe Differenz seiner beiden Höhen von 90 Graden subtrahirt. In unserm Beispiele waren die beiden Höhen 49° 48′,8 und 46° 36′,4, also ist ihre halbe Differenz 1° 36′,2 und diese von 90 Graden abgezogen, gibt 88° 23′,8 für die gesuchte Declination des Polarsterns.

§. 46. (Bestimmung der Declination aller übrigen Sterne durch Beobachtung). Die vorhergehende Methode ist, wie man sieht, nur auf die dem Pole nahen Sterne, welche nicht mehr untergehen, oder nur auf die sogenannten Circumpolarsterne anwendbar. Allein sie läßt sich, wenn durch sie einmal die Polhöhe des Beobachtungsorts bekannt ist, auch auf alle übrigen Gestirne des Himmel fortführen.

Da man nämlich bereits die Polhöhe HN (Fig. 1, 2) seines Ortes kennt, so kennt man auch die Aequatorhöhe RQ desselben, weil (nach Einl. §. 18. I) die Summe dieser beiden Höhen immer einen rechten Winkel beträgt, oder weil die Aequatorhöhe immer gleich 90° weniger der Polhöhe ist. So haben wir oben für die Polhöhe von Wien 48° 12′,6 gefunden, woraus also sofort folgt, daß die Aequatorhöhe dieses Orts 41° 47′,4 beträgt, das heißt also, die Bewohner Wiens sehen den Nordpol N des Aequators in der Höhe von 48° 12′,6 über ihrem Horizonte, und daher auch den höchsten Punkt Q des Aequators in der Höhe von 41° 47,4.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir nun unsern Quadranten (Fig. 7) aus seiner frühern Lage um die Linie CB als um eine Axe drehen, bis die Ebene des Instruments wieder in dem Meridian liegt, aber die Seite C gegen Süd und A gegen Nord gewendet wird, und dann die Linie OC, wie zuvor, wieder horizontal stellen. Beobachtet man mit dem Instrumente in dieser Lage die Höhe RS (Fig. 1) eines Sterns auf der Südseite des Zeniths zur Zeit seines Durchgangs durch den Meridian ZR, so

wird man nur von dieser Höhe RS die bereits bekannte Aequatorhöhe RQ abziehen, um sofort die gesuchte nördliche Declination QS des Sterns zu erhalten. Geht aber der Stern unter dem Aequator, zwischen den Punkten R und Q, durch den Meridian, so wird man umgekehrt die beobachtete Höhe des Sterns von der Aequatorhöhe abziehen, um die südliche Declination (Einl. §. 13) des Sterns zu erhalten, wie dieß alles bereits in der Einleitung (§. 27) angeführt worden ist.

§. 47. (Genauere Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator). Was so eben von den auf der Südseite des Zeniths culminirenden Sternen gesagt worden ist, gilt unverändert auch von dem großen Gestirn des Tages, von unserer Sonne. Jeden Mittag wird man mit jenem Instrumente ihre Meridianhöhe messen, und, indem man dieselbe mit der bereits bekannten Aequatorhöhe vergleicht, daraus ihre Declination ableiten, und auf diese Weise so viele Punkte, in Beziehung auf den Aequator, bestimmen, als man Beobachtungstage hat, und diese Punkte oder ihre entgegengesetzten am Himmel werden alle in der gesuchten Ebene der Sonnenbahn liegen, und daher die Lage dieser Bahn am Himmel bezeichnen.

Zu unserem Zwecke wird es aber schon genügen, die Sonne nur zur Zeit des Solstitiums (§. 42) zu beobachten, wo sie am weitesten von dem Aequator entfernt ist, und von den beiden Aequinoctien um 90 Grade absteht. Wenn die Sonne zur Zeit des Solstitiums im Meridian oder im Mittag ist, so stehen die beiden Aequinoctien in dem Ost- und Westpunkte des Horizonts. Für diese Lage ist aber der Bogen des Meridians, der zwischen der Ecliptik und dem Aequator enthalten ist, d. h. für diese Lage ist die Declination der Sonne gleich der Neigung (Einl. §. 18) jener beiden Ebenen, oder gleich der sogenannten Schiefe der Ecliptik, die durch den Winkel LVQ (Fig. 1) der Ecliptik mit dem Aequator ausgedrückt wird. Man braucht daher nur im Augenblicke des Solstitiums die Höhe der Sonne im Meridian zu beobachten, wo dann die Differenz dieser Höhe und der Aequatorhöhe (wie in §. 46) sogleich die größte Declination der Sonne, d. h. die gesuchte Schiefe der Ecliptik, geben wird. So beobach-

tete man im Jahre 1830 auf der Sternwarte in Wien die mittägige Höhe des Mittelpunkts der Sonne

am 20. Juni	.	65° 14′ 27″
21.	.	65° 14′ 51″
22.	.	65° 14′ 52″
23.	.	65° 14′ 28″

die größte dieser Höhen ist die vom 22. Junius. Subtrahirt man davon die bekannte Aequatorhöhe Wiens 41° 47′ 24″, so erhält man sofort die gesuchte Schiefe der Ecliptik gleich 23° 27′ 28″.

I. Das Vorhergehende setzt allerdings voraus, daß die Zeit des Solstitiums mit der Zeit des Mittags genau zusammenfalle, da jenes doch auch in den Vor- oder Nachmittagsstunden eintreten kann. Aber da die Aenderungen der Declinationen zur Zeit der Sonnenwende, wie man aus dem vorigen Beispiele sehen kann, so gering sind, so wird auch die größte mittägige Höhe der Sonne von der eigentlichen Solstitialhöhe nur wenig verschieden seyn, und daher, wenigstens in einer ersten Näherung, ohne merklichen Fehler eine für die andere genommen werden können. Wir werden übrigens bald (§. 51. III) ein Mittel finden, die hier etwa noch fehlende Größe nachzutragen.

Da uns demnach drei Punkte gegeben sind, in welchen die Ebene der Sonnenbahn liegt, nämlich die beiden schon früher bekannten Aequinoctialpunkte und einer der Wendepunkte derselben, und da drei Punkte die Lage einer Ebene vollkommen bestimmen, so ist dadurch auch die Lage der Ecliptik gegen den Aequator gegeben.

§. 48. (Bestimmung der Schiefe der Ecliptik und der Polhöhe zugleich). Es wurde bereits bemerkt, daß man nur einen der beiden Solstitialpunkte am Himmel zu beobachten braucht, um daraus, und aus der bereits bekannten Polhöhe die Schiefe der Ecliptik abzuleiten. Diese Polhöhe aber haben wir, wie oben (§. 44) gesagt wurde, aus den Beobachtungen der Circumpolarsterne in ihren beiden Culminationen gefunden. Allein man kann sich auch von diesen letzten Beobachtungen ganz unabhängig machen, und allein durch die Sonne sowohl die Schiefe der Ecliptik als auch die Polhöhe erhalten, wenn man nicht bloß, wie zuvor, ein einziges Solstitium, sondern wenn man, in dem Laufe eines halben

Jahres, beide Sonnenwenden beobachtet. Da nämlich die Ecliptik und der Aequator größte Kreise des Himmels sind, also auch (Einl. §. 6) sich gegenseitig in zwei gleiche Theile theilen, so werden nicht bloß die Nachtgleichen-, sondern auch die beiden Wendepunkte einander genau gegenüberstehen, und die eine, nördliche Hälfte der Ecliptik wird sich eben so hoch über den Aequator erheben, als die andere unter ihn herabsteigt, so daß daher der Aequator selbst in der Mitte zwischen den beiden Solstitien liegen wird. Hat man daher die Sonne zur Zeit der beiden Solstitien beobachtet, so wird die halbe Differenz dieser beiden Höhen die Schiefe der Ecliptik seyn, die man sonach, ohne die Polhöhe zu kennen, finden kann. Die halbe Summe jener beiden Höhen aber wird zugleich die gesuchte Höhe des Aequators seyn, die, von 90 Graden subtrahirt, die Polhöhe des Beobachtungsortes geben wird. So beobachtete man in Wien im Jahre 1830 folgende Solstitialhöhen der Sonne:

am 22ten Junius . 65° 14′ 52″ und

am 22ten Dezember . 18° 19′ 56″

Die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, oder 23° 27′ 28″, ist die Schiefe der Ecliptik, und die halbe Summe derselben, oder 41° 47′ 24″, ist die Aequatorhöhe, also auch 48° 12′ 36″ die gesuchte Polhöhe des Beobachtungsortes.

§. 49. (Gnomon). So einfach das in (§. 43) erwähnte Instrument, mit welchem man die Höhe der Sterne messen kann, auch seyn mag, so wird man doch wohl bemerkt haben, daß es, wenn es anders sehr genaue Resultate liefern soll, in seiner Construction sowohl, als auch in seinem Gebrauche selbst manchen Schwierigkeiten ausgesetzt ist, welche für die ersten Künstler und Astronomen nicht so leicht zu beseitigen gewesen seyn mögen. Auch ist es erst sehr spät in die beobachtende Astronomie eingeführt, und erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit einer der Würde der Wissenschaft angemessenen Genauigkeit, besonders von den englischen Künstlern, verfertigt worden. Die Alten mußten sich mit viel einfacheren Werkzeugen begnügen, und da sie sich vorzüglich mit den Beobachtungen der Sonne beschäftigten, so suchten sie auch ihre Instrumente diesen Beobachtungen gemäß einzurichten.

Das älteste und das einfachste dieser Instrumente war ohne Zweifel der Gnomon, der in einer bloßen Säule oder in einem geradlinigen Stabe bestand, den man vertical auf einer horizontalen Ebene aufstellte. Aus dem Schatten, den der Gnomon, wenn er von der Sonne beschienen wurde, auf seine Ebene warf, suchte man die Höhe der Sonne über dieser horizontalen Ebene abzuleiten.

Um dieß besser zu übersehen, sey CD (Fig. 6) die Höhe des verticalen Gnomons z. B. von 30 Fuß und DB die Länge seines horizontalen Schattens von 15 Fuß. Verbindet man die beiden äußersten Punkte C und B des Gnomons und des Schattens durch die gerade Linie BC, so erhält man ein geradliniges, in D rechtwinkliges Dreieck BCD, und es wird nun darauf ankommen, die Größe des Winkels B dieses Dreiecks zu bestimmen. Denn dieser Winkel ist der gesuchten Höhe der Sonne gleich, weil ein Auge in B den Mittelpunkt der Sonne in der Richtung der Linie BC, also in der Höhe DBC über der horizontalen Linie BD sehen würde.

I. Aufgaben dieser Art gehören in die sogenannte ebene Trigonometrie, die einen interessanten Theil der Geometrie ausmacht, und die uns lehrt, wie man, wenn von den Seiten und Winkeln eines Dreiecks drei Stücke gegeben sind, die andern drei durch Rechnung finden kann. So sind hier zwei Seiten mit dem von ihnen eingeschlossenen rechten Winkel gegeben, und der einer dieser Seiten gegenüberstehende Winkel zu finden. Da es gegen unsere Absicht ist, diese Lehren der Trigonometrie hier vorzutragen, oder sie bei unsern Lesern als schon bekannt vorauszusetzen, so wollen wir ein anderes Mittel angeben, Dreiecke dieser Art auch ohne jene Kenntnisse aufzulösen.

Man sieht leicht, daß der gesuchte Winkel auch in jedem andern, selbst viel kleinern, rechtwinkligen Dreiecke dieselbe Größe, d. h. dieselbe Anzahl von Graden haben werde, wenn nur das Verhältniß der beiden gegebenen Seiten CD und BD in dem kleinern Dreiecke dasselbe wie in dem großen ist. In dem Dreiecke des Gnomons ist aber dieses Verhältniß gleich dem der beiden Zahlen 30 zu 15 oder einfacher gleich 2 zu 1. Man verzeichne sich also auf irgend einer Ebene, z. B. auf der des Papiers, zwei

sich unter einem rechten Winkel in dem Punkte d durchschneidende Linien, und nehme von diesem Punkte d auf der einen dieser Linien mittelst des Maßstabs z. B. die Länge db von 5 Zoll, und auf der andern die Länge dc von 10 Zoll, und vereinige dann die beiden Endpunkte b und c dieser Linie durch die gerade bc, so erhält man ein anderes Dreieck bcd, welches dem gegebenen Dreiecke des Gnomons vollkommen ähnlich ist, d. h. welches dieselben Winkel mit jenem hat, wenn gleich die Seiten der beiden Dreiecke sehr von einander verschieden sind. In diesem kleinern Dreiecke bcd kann man aber den Winkel an b mittelst des bekannten Winkelmessers (Transporteur's) bestimmen, und man wird ihn sehr nahe gleich 63° 26′ finden, und ganz eben so groß wird also auch der Winkel B in dem großen Dreiecke BCD des Gnomons seyn. Es ist für sich klar, daß man diesen Winkel desto genauer finden wird, je größer man das kleinere Dreieck macht, je besser der Winkelmesser gearbeitet ist, und je mehr Sorgfalt man bei diesem Verfahren anwendet. Die oben erwähnte trigonometrische Rechnung aber wird diese Resultate immer mit größerer Genauigkeit geben, daher es wünschenswerth wäre, sich damit näher bekannt zu machen, um so mehr, da sich diese Kenntnisse so häufig mit Nutzen anwenden, und mit einiger Aufmerksamkeit von jedem Leser in kurzer Zeit erwerben lassen.

Um das Vorhergehende auf eine Beobachtung mit dem Gnomon anzuwenden, wollen wir die allerälteste astronomische Beobachtung, die überhaupt auf uns gekommen ist, zu diesem Zwecke auswählen. Der Jesuit Ganbil, der sich in der Mitte des vorigen Jahrhunderts lange bei der Mission in China aufgehalten hat, berichtet uns aus einem alten chinesischen Manuscripte, daß der Kaiser Tschu-Kong in dem Jahre 1100 vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung, also zur Zeit, als Codrus in Athen und David in Judäa lebten, die Höhe der Sonne in ihren beiden Solstitien mit einem Gnomon beobachtet habe. Der Ort dieser Beobachtung war die Stadt Loyang, oder, wie sie heute genannt wird, Honan-Fu in der Provinz Honan, dem sogenannten Garten des Reiches, dessen Hauptstadt Kai-fong-fu ist. Die Höhe seines Gnomons betrug 8 chinesische Schuhe über seiner horizontalen Basis, und die Länge des beobachteten Schattens war, nach der

daran angebrachten Correction (wegen des Halbmessers der Sonne und der Refraction) 1,54 chinesische Fuß im Sommer- und 13,12 Fuß im Wintersolstitium. Ohne die wahre Größe des chinesischen Fußes zu kennen, kann man mit diesen Zahlen nach dem so eben Erwähnten verfahren, wodurch man für die Solstitialhöhe der Sonne im Sommer 79° 6′ 20″ und im Winter 31° 22′ 20″ finden wird. Daraus folgt sofort (nach §. 48), daß die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, oder 23° 52′ 0″ die Schiefe der Ecliptik, und die halbe Summe derselben, oder 55° 14′ 20″ die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, also auch dessen Complement zu 90 Graden oder 34° 45′ 40″ die Polhöhe von Honan-Fu ist.

§. 50. (Säculäre Abnahme der Schiefe der Ecliptik). Man hat gegen diese Nachricht des P. Ganbil und gegen die Authenticität dieser altergrauen Beobachtung Zweifel erhoben, weil die von Tschu-Kong gefundene Schiefe der Ecliptik viel größer ist, als die, welche wir in unsern Tagen beobachten. Allein außerdem, daß die Polhöhe der Stadt Honan-Fu nach den neuern Beobachtungen derselben Missionäre sehr gut mit der von Tschu-Kong übereinstimmt, ist es auch jetzt sehr gut bekannt, daß die Schiefe der Ecliptik seit beinahe drei Jahrtausenden immer abnimmt. Die folgende Tafel zeigt diese Schiefe, wie sie von den verschiedenen aufeinanderfolgenden Beobachtern gefunden wurde.

	Schiefe der Ecliptik.
Tschu-Kong in China, 1100 vor Chr. G.	23° 52′ 0″
Der Grieche Pytheas in Marseille, 350 v. Chr. .	23° 49′ 20″
Der Araber Ibn-Iunis in Aegypten, 1000 nach Ch.	23° 34′ 26″
Coschu-King in China, 1280	23° 32′ 2″
Ulug-Beigh in Samarkand, 1437	23° 31′ 48″
Bradley in England, 1750	23° 18′ 18″
In unsern Zeiten, 1830	23° 27′ 40″

Man sieht die mit der Zeit fortgehende Abnahme der Schiefe und wenn die Regelmäßigkeit derselben nicht immer genau der Zwischenzeit proportionirt ist, so mag dieses der Unvollkommenheit jener älteren Beobachtungen zuzuschreiben seyn. In unsern Tagen ist die Verfertigung der Instrumente, und die Beobachtungskunst selbst so weit vorgerückt, daß man diese der Zeit proportionale

Abnahme der Schiefe von fünf zu fünf Jahren deutlich bemerken kann. Endlich hat man auch durch Hilfe der mathematischen Analysis in der höhern Mechanik die wahre Ursache dieser Erscheinung gefunden. Durch die Wirkung der Planeten unseres Sonnensystems auf die Bahn der Sonne wird nämlich diese Bahn dem Aequator immer näher gebracht, und diese Annäherung beträgt nach den neuesten Untersuchungen in einem Jahrhundert $48{,}_{368}$ Secunden. Geht man daher von dem Jahre 1750 aus, in welchem die Schiefe der Ekliptik 23° 28′ 18″ betrug, so wird man die Schiefe für jede andere Zeit, die T Jahre von 1750 entfernt ist, erhalten, wenn man das Produkt der Größe $0'',_{48368}$ mit T von 23° 28′ 18″ subtrahirt. Liegt das gesuchte Jahr vor jener Epoche von 1750, so muß dieses Produkt addirt werden. Um dieses auf das vorhergehende Beispiel anzuwenden, so hat man für den Zwischenraum von Tschu-kong bis Bradley 1750 + 1100 = 2850 Jahre, die mit $0'',_{48368}$ multiplicirt, 0° 22′ 58″ geben. Addirt man diese Größe zu 23° 28′ 18″, so erhält man für die durch jene Theorie bestimmte Schiefe Tschu-kong's 23° 51′ 16″, also nur 44 Secunden kleiner, als sie durch den Gnomon gefunden wurde. Eine so geringe Differenz bei einer so alten Beobachtung, die überdieß ihrer Natur nach keiner sehr großen Schärfe fähig ist, zeugt von der Richtigkeit der Theorie, so wie sie auch zugleich die Authenticität jener Beobachtung selbst bestätigt.

I. Wenn aber diese Abnahme der Schiefe immer mit der Zeit proportional fortgeht, so wird die Folge davon seyn, daß einmal diese Schiefe ganz verschwindet, oder daß die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfällt. Eine leichte Rechnung zeigt, daß dieß in $\dfrac{23^\circ\,28'\,18''}{0{,}_{48368}}$ oder in 177547 Jahren nach dem Jahre 1750 unserer Epoche, also in dem Jahre 179297 unserer Zeitrechnung der Fall seyn wird, und da dann die Sonne immer in dem Aequator einhergehen muß, so würde von dieser Zeit an Tag und Nacht das ganze Jahr durch einander gleich seyn, oder die Erde würde einen ewigen Frühling feiern und die beiden Extreme der

Temperatur, der Sommer und der Winter, würden ganz von ihr verschwinden.

II. Allein diese Hoffnung des ewigen Frühlings ist ungegründet und wohl eben so eitel, als die des ewigen Friedens, den uns der Abbé St. Pierre so reizend geschildert hat. Es ist nämlich, wie dieselbe Theorie zeigt, nur annähernd wahr, daß die Schiefe der Ecliptik mit der Zeit proportional abnimmt und die oben aufgestellte Formel gilt, streng genommen, kaum für das ganze gegenwärtige Jahrhundert. Für die früheren und folgenden Jahrhunderte muß die angeführte Zahl $0{,}48368$ immer, obschon nur wenig, geändert werden. Eine genauere Untersuchung dieses Gegenstandes zeigt, daß der analytische Ausdruck dieser Aenderung der Schiefe eigentlich gar kein der Zeit proportionales Glied, sondern bloß periodische Glieder enthält, das heißt, solche, die eine Zeit durch wachsen und dann wieder abnehmen, um, wenn sie ihren kleinsten Werth erreicht haben, wieder allmählig zu ihrem größten heraufzusteigen. Diesem gemäß geht also der wahre Werth der Schiefe der Ekliptik zwischen den beiden Gränzen von 21 und 28 Graden auf und ab, ohne dieselben je zu überschreiten und sie wird daher in der Folge der Zeiten eben so wenig mit dem Aequator zusammenfallen, als sie je in der grauen Vorzeit senkrecht auf demselben gestanden ist. Diese Bewegung der Ekliptik ist aber so langsam, daß die Perioden, in welchen sie zwischen diesen beiden Bogen von sieben Graden wie ein ungeheures Pendel auf und niederschwingt, viele Jahrtausende umfassen. Nach den Untersuchungen, die Lagrange über diese Perioden angestellt hat, war die Schiefe i. J. 29.400 vor Chr. in ihrem größten Werthe von 27° 31′. Seit jener Zeit nahm sie durch 15.000 Jahre ab, bis sie i. J. 14.400 v. Chr. ihren kleinsten Werth 21° 20′ erreichte. Von da wuchs sie wieder durch 12.400 Jahre, und war i. J. 2000 v. Chr. in ihrem größten Werthe 23° 53′. Seit dieser Epoche nimmt sie durch 8600 Jahre ab und wird i. J. 6600 nach Chr. ihren kleinsten Werth 22° 54′ haben, und endlich von da durch 12.700 Jahre wieder wachsen, bis sie i. J. 19.300 nach Chr. ihren größten Werth 25° 21′ erreichen wird.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes theilen wir noch einige Nachrichten über die oben erwähnten Astronomen des Alterthums mit.

Tschu-kong, Bruder des Uwang, des Stifters der Dynastie Tschu, beherrschte China, während der Minderjährigkeit seines Neffen, von dem Jahre 1104 bis 1098 vor unserer Zeitrechnung. Das Andenken dieses vortrefflichen Fürsten ist jetzt noch, nach beinahe drei Jahrtausenden, der Gegenstand der Verehrung bei den Chinesen. In dem heiligsten ihrer Bücher, dem Schu-king, dessen Verfasser der berühmte Confucius ist, wird dieser Fürst eingeführt, wie er seinen Zöglingen die weisesten Grundsätze der Moral und der Regierungskunst mittheilt. Von den vielen Beobachtungen, die er selbst gemacht hatte und von seinen Astronomen machen ließ, sind nur drei auf uns gekommen, die ältesten von allen, die sich aus der Vorzeit erhalten haben. Die zwei ersten sind die oben erwähnten Beobachtungen der Höhe der Solstitien in Loyang, und die dritte ist eine Bestimmung der Länge der Sonne zur Zeit des Wintersolstitiums von derselben Epoche. Indem er die Sonne mit dem Stern ε im Sternbilde des Wassermanns verglich, fand er die Rectascension dieses Sterns gleich 268° 2′, was mit der neuern Theorie der Astronomie eben sowohl übereinstimmt, als die aus den beiden vorhergehenden Beobachtungen abgeleitete Schiefe der Ecliptik.

Nach ihm verfiel die Astronomie in diesem Lande, besonders als der barbarische K. Chi-Hoanti i. J. 213 vor Chr. Geb. alle Bücher des Reiches verbrennen ließ. Erst im fünften Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung erhob sich die Wissenschaft wieder unter dem Astronomen Tsu-tschong, der um d. J. 460 zu Nankin beobachtete und die Länge des Jahres gleich $365{,}_{24282}$ Tage fand, nur $0{,}_{00057}$ Tage oder $49{,}_{2}$ Secunden größer als nach den neuesten Bestimmungen. — Während später im dreizehnten Jahrhunderte Holaku-Hekukan die Astronomie in Persien aufblühen machte, gewährte ihr sein Bruder Kobilai in China denselben Schutz, indem er den oben erwähnten Coschu-king, den berühmtesten Astronomen China's, i. J. 1271 zum Vorsteher des mathematischen Tribunals dieses Landes ernannte. Coschu-king ließ viel größere und vorzüglichere Instrumente bauen, als man bisher kannte. Das kostbarste derselben war ein Gnomon von 40 chin. Fuß Höhe, der an seinem obern Ende eine Kupferplatte mit einer freien Oeffnung trug. Mit ihm ist die oben angeführte Beobachtung gemacht

worden. Er bestimmte überdieß die Länge der Sonne zur Zeit der Solstitien und die Länge des Jahres zu $365{,}_{2425}$ Tagen, genau mit unserem Gregorianischen Jahre übereinstimmend.

Ibn-Junis, einer der ausgezeichnetsten Astronomen der Araber, beobachtete in Kahira gegen das Jahr 1000 nach Chr. unter dem ägyptischen Kalifen Hakem. Sein Werk über Astronomie wurde erst zu Ende des letzten Jahrhunderts in einer Bibliothek zu Leyden gefunden, und ein Theil desselben von Caussin übersetzt. Seine in diesem Werke gegebenen Sonnen- und Planetentafeln werden im Oriente wegen ihrer großen Genauigkeit gerühmt, und es enthält überdieß viele sehr schätzbare Nachrichten über die astronomischen Arbeiten der Araber und eine große Anzahl von Beobachtungen seit der Zeit des Kalifen Almanzar in der Mitte des achten Jahrhunderts bis auf die Zeit des Verfassers.

In Persien endlich erhob sich die Astronomie in der Mitte des eilften Jahrhunderts, wo die Einwohner dieses Landes das Joch der Araber abgeworfen hatten, unter Omar-Cheian, der eine sehr sinnreiche Einrichtung des Kalenders einführte, welche in einem Cyclus von 33 Jahren zu 365 Tagen acht Schaltjahre zu 366 Tagen enthält, wodurch die Länge des Jahres auf $365{,}_{24242}$. Tage gebracht wird, die daher nur $0{,}_{000169}$ Tage oder $14{,}_{6}$ Secunden zu groß ist. Im dreizehnten Jahrhunderte versammelte der bereits erwähnte König Holaku-Hekukan die besten Astronomen seines Reiches in Maragha, wo er eine prächtige Sternwarte erbaute, die der Leitung des berühmten Nassireddin anvertraut wurde. Noch mehr endlich zeichnete sich Ulug-Beigh unter den Fürsten dieses Landes als eifriger Beschützer und Selbstkenner der Astronomie aus, der i. J. 1430 in Samerkand, der Hauptstadt seines Reiches, eine Sternwarte erbaute und sie mit den besten Instrumenten seiner Zeit versah. Er war selbst einer der geschicktesten Beobachter, und man verdankt ihm, nebst der oben angeführten Bestimmung der Schiefe der Ekliptik, auch noch einen neuen Sternkatalog und die besten Tafeln der Sonne, des Mondes und der Planeten, die man bis zur Zeit von Tycho-Brahe erhalten hat.

§. 51. (Bestimmung der Nachtgleichenpunkte durch Beobachtungen.) Indem wir nach dieser Digression zu unserem Gegen-

stande, der Bestimmung der Sonnenbahn, zurückkehren, müssen wir bemerken, daß wir uns bisher nur mit dem Winkel beschäftigt haben, welchen die Ekliptik mit dem Aequator bildet, da wir doch zu einer vollständigen Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator auch noch die zwei Punkte kennen müssen, in welchen diese beiden Ebenen einander schneiden. Zwar haben wir im Vorhergehenden schon ein Mittel angegeben, diese beiden Punkte, d. h. die Nachtgleichen, im Aequator wenigstens beinahe aufzufinden, indem sie, wie wir gesehen haben, an den beiden Tagen, wo die Sonne in den Solstitien ist, am Mittage mit dem schon fast bekannten Ost- und Westpunkte des Horizonts zusammenfallen. Allein diese Bestimmung ist, wie man ohne meine Erinnerung bemerken wird, nur sehr ungenau und unzuverlässig und daher keineswegs geeignet, diese beiden wichtigen Punkte mit derjenigen Schärfe anzugeben, die sie in so hohem Grade verdienen, da (nach Einl. § 22. I. II.) diese Punkte es sind, von welchen man den Anfang der Rectascension sowohl, als auch der Länge aller Gestirne zählt, und von deren genauer Bestimmung daher unsere Kenntniß des Himmels abhängt.

Sobald man aber durch irgend ein Verfahren dahin gelangt ist, den einen dieser beiden Punkte, z. B. den Frühlingspunkt, am Himmel mit Genauigkeit anzugeben, so kennt man dadurch auch sofort den Herbstpunkt, da, wie wir bereits wissen, beide Punkte, als Durchschnittspunkte zweier größten Kreise, einander gegenüber liegen, oder da sie in Länge sowohl, als in Rectascension genau um 180 Grade verschieden seyn müssen. Wir wollen also sehen, wie man die Lage des ersten dieser Punkte oder die des Frühlingspunktes am Himmel bestimmen kann.

Man wird aber die Lage des Frühlingspunktes kennen, wenn man die Rectascension irgend eines der zahllosen fixen Sterne des Himmels kennt, da man nur von diesem Sterne, als von einem festen Punkte, auf den Aequator um den Bogen, der die Rectascension dieses Sterns ausdrückt, zurückgehen darf, um am Ende dieses Bogens den gesuchten Frühlingspunkt zu erhalten. Weiß man z. B., daß der schöne Stern Schedir oder α auf der Brust der Cassiopeia die Rectascension von 7° 46′ 45″ hat, so wird man nur von dem Punkte, in welchem der Deklinationskreis

dieses Sterns den Aequator schneidet, in dem Aequator um den Bogen 7° 46′ 45″ rückwärts oder gegen West gehen, um am Ende desselben den Frühlingspunkt zu finden.

Wie sollen wir nun aber diese erste Rectascension irgend eines jener Sterne finden, indem wir doch den Frühlingspunkt selbst, von dem sie gezählt werden muß, noch nicht kennen? — Da wir offenbar von diesen beiden Dingen, Ort des Frühlingspunkts und Rectascension eines Sterns, eines ohne das andere nicht finden können, so wird wohl nichts übrig bleiben, als zuzusehen, ob man nicht beide zugleich suchen kann.

Da der Frühlingspunkt nur durch die Beobachtung der Sonne bestimmt werden kann, indem er eben derjenige Punkt des Himmels ist, in welchem die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche steht, so wollen wir also wieder unsern Quadranten (§. 43) in der Ebene des Meridians gegen Süden aufstellen, und an ihm um die Zeit dieser Nachtgleiche an mehreren Mittagen die Höhe des Mittelpunkts der Sonne beobachten, und überdieß an einer Uhr zugleich die Zeit bemerken, wann dieser Mittelpunkt der Sonne durch den Meridian geht. Am Abend eines jeden dieser Tage wollen wir auch noch an derselben Uhr die Culmination irgend eines Sterns oder die Durchgangszeit desselben durch den Meridian des Quadranten bemerken, wobei wir voraussetzen, daß der Gang dieser Uhr gleichförmig ist und daß sie zwischen zwei nächsten Culminationen desselben Fixsterns genau 24 Stunden gebe. Dieß vorausgesetzt, wird also die Uhrzeit, die zwischen der Culmination der Sonne und der des Sterns an jedem dieser Beobachtungstage verfließt, zugleich die Differenz der Rectascension dieser beiden Gestirne für den Augenblick des Mittags eines jeden dieser Tage seyn.

Da die Sonne eine eigene Bewegung hat, oder ihre Rectascension immer ändert, und da im Gegentheile der Stern am Himmel fest steht, so wird die Zwischenzeit zwischen der Culmination der Sonne und des Sterns an jedem jener Mittage eine andere seyn, und man wird bald bemerken, daß diese Zwischenzeit von einem Tage zum andern sich sehr nahe gleichförmig ändert, weil nämlich die Rectascension der Sonne ebenfalls täglich nahe um dieselbe Größe, also gleichförmig wächst.

Wir haben sonach für alle diese Tage eine Reihe von Differenzen der Rectascensionen der Sonne und des Sterns, für den Augenblick des Mittags eines jeden dieser Tage erhalten, und die so eben bemerkte regelmäßige Aenderung dieser Differenzen wird uns in den Stand setzen, durch eine einfache Proportion auch diejenige Differenz anzugeben, welche für irgend einen, von dem Mittage verschiedenen, Augenblick jener Beobachtungstage Statt haben muß.

Wüßten wir also nur den Augenblick, wo der Mittelpunkt der Sonne durch den Frühlingspunkt ging, so würden wir sofort für denselben Augenblick auch die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne durch jene einfache Rechnung angeben können, und diese Differenz der beiden Gestirne wird, da eines derselben, die Sonne, *im* Frühlingspunkte steht, zugleich die Rectascension des andern, oder die gesuchte Rectascension des Sterns seyn.

Demnach ist also die Auflösung unserer Aufgabe dahin reducirt, den Augenblick anzugeben, wann der Mittelpunkt der Sonne durch den Frühlingspunkt geht. Die Angabe dieses Moments hat aber keine weitere Schwierigkeit mehr. Denn da wir, wie oben gesagt, an jedem Mittage auch die Höhe der Sonne an dem Quadranten beobachtet haben, und da wir die Aequatorhöhe unseres Beobachtungsortes bereits aus früheren Beobachtungen (nach §. 44 oder auch nach §. 48) kennen, so wird man durch eine einfache Differenz dieser beiden Größen (nach Einl. §. 27) auch die Deklination der Sonne für den Mittag eines jeden Tages erhalten, und der gesuchte Augenblick des Durchgangs der Sonne durch den Frühlingspunkt, d. h. durch den Aequator, wird derjenige seyn, in welchem diese beobachtete Deklination der Sonne verschwindet.

Ist also irgend eine dieser mittägigen Deklinationen der Sonne gleich Null, so ist der Mittag dieses Tages zugleich der Augenblick der Culmination des Frühlingspunktes und die Differenz jener Uhrzeiten für diesen Mittag die gesuchte Rectascension des mit der Sonne verglichenen Fixsterns.

Ist aber, wie dieses meistens der Fall ist, keine der beobachteten mittägigen Deklinationen der Sonne gleich Null, so wird man aus der erhaltenen Reihe von Deklinationen die beiden klein-

sten nehmen und aus ihnen, durch eine einfache Proportion, leicht den vor oder nach dem Mittage fallenden Augenblick der verschwindenden Deklination ableiten. Kennt man aber diesen Augenblick, d. h. kennt man die Zeit des Durchgangs der Sonne durch den Frühlingspunkt, so wird man aus den oben erwähnten Differenzen der mittägigen Zwischenzeiten der Culminationen beider Gestirne, durch eine ähnliche Proportion, auch die Zwischenzeit für diesen Augenblick finden, und diese wird die gesuchte Rectascension des beobachteten Sterns seyn.

§. 52. (Erläuterung dieser Methode durch ein Beispiel.) Um das Vorhergehende durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir annehmen, daß man i. J. 1830 in Wien folgende Höhen des Mittelpunkts der Sonne und die Uhrzeiten der Culminationen derselben und des Sterns *a* Widder beobachtet habe.

1830	Höhe der Sonne	Culminationen *a* Aries	Culminationen Sonne
März 19	. 41° 8′ 31″	. 9*h* 56′ 22″,5 Morg.	12*h* 0′ 0″
20	. 41 32 13	. 10 0 0,9 . .	12 0 0
21	. 41 55 54	. 10 3 58,9 . .	12 0 0

Da die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes 41° 47′ 24″ ist, so findet man aus den beobachteten Höhen der Sonne folgende mittägige Deklinationen derselben:

	Deklinationen
März 19 . .	0° 38′ 53″ südl.
20 . .	0 15 11 —
21 . .	0 8 30 nördl.

Man sieht daraus, daß das Aequinoctium zwischen die Mittage des 20. und 21. März fällt. Um die Zeit derselben genauer zu finden, hat man aus den beiden letzten Beobachtungen die Proportion

$$23' \, 41'' : 24^h = 15' \, 11'' : X^h$$

woraus folgt $X = 15^h\,3861$ oder $X = 15^h\,23'\,10''$ oder die Sonne ging durch den Frühlingspunkt am 20. März um 15*h* 23′ 10″.

Um nun für diesen Augenblick auch die Uhrzeit der Culmination des Sterns zu finden, so geben die vorhergehenden Beobachtungen die Differenz dieser Culminationen für den 20. und 21. März gleich 0*h* 3′ 38″, so daß man daher hat

$$24^h : 0^h\ 3'\ 38'' = 15^h\ 13'\ 10'' : X$$

woraus folgt $X = 0^h\ 2'\ 19''\ X_{,7}$.

Addirt man zu dieser Größe die Culminationszeit $10h\ 0'\ 1''$ des 20. März, so erhält man für die gesuchte Culminationszeit des Sterns zur Zeit des Aequinoctiums $10h\ 2'\ 20''_{,7}$, die dann, von der Culminationszeit 12^h der Sonne an demselben Tage subtrahirt, $1^h\ 57'\ 39''_{,3}$ gibt, so daß man also hat

$0^h\ 2'\ 19''_{,17}$
$10\ \ 0\ \ 0_{,9}$
――――――――
$10\ \ 2\ \ 20_{,6}$
$12\ \ 0\ \ 0$
――――――――
$1^h\ 57'\ 39''_{,4}$

oder um so viel Uhrzeit ging zur Zeit des Aequinoctiums der Stern vor der Sonne, d. h. vor dem Frühlingspunkte voraus, also ist auch die gesuchte Rectascension des Sterns gleich derselben Größe oder gleich $1^h\ 57'\ 39''_{,4}$ oder, wenn man diese Zahl durch 15 multiplicirt, um sie in Graden auszudrücken (Einl. §. 19) gleich $29^\circ\ 24'\ 51''_{,0}$.

I. Man sieht, daß diese Methode nebst einem guten Instrumente, um die Höhen und Durchgangszeiten zu messen, auch eine genaue Kenntniß der Polhöhe erfordert. Von der letzten kann man sich größtentheils unabhängig machen, wenn man dieselben Beobachtungen auch in der Nähe des Herbstäquinoctiums wiederholt, wo man, wenn die Polhöhe noch etwas unrichtig ist, in der einen Zeit die Rectascension des Sterns eben so viel zu groß, als in der andern zu klein finden wird, und daher die wahre Rectascension erhält, wenn man aus beiden das Mittel nimmt.

II. Kennt man aber auf diese Art einmal die Rectascension irgend eines Sterns, so darf man nur in mehreren aufeinander folgenden Nächten die Culminationen dieses Sterns mit den andern beobachten, wo dann die Differenzen der Durchgangszeiten derselben durch den Meridian, zu der bereits bekannten Rectascension des ersten Sterns addirt, auch die Rectascensionen aller übrigen Sterne geben werden. Hat man so eine große Anzahl von Fixsternen in Beziehung auf Rectascension und, durch ihre beobachteten Meridianhöhen, in Beziehung auf Deklination (nach

§. 46) bestimmt, so wird man sie, nach ihrer Rectascension geordnet, in einen Catalog bringen, um die Angaben desselben für jeden vorkommenden künftigen Fall zu benutzen. Will man nämlich den Ort der Sonne oder den eines Planeten für irgend einen Tag durch Beobachtung bestimmen, so wird man ihn mit irgend einem der in dem Sternkatalog verzeichneten, also genau bekannten Sterne durch den Meridian gehen lassen, wo dann die beobachtete Differenz der Durchgangszeit zu der durch den Catalog gegebenen Rectascension des Sterns geschlagen, die gesuchte Rectascension des Planeten geben wird. Eben so wird man die Deklination des Planeten entweder unmittelbar durch seine beobachtete Meridianhöhe (nach §. 46), oder, wenn man sich auf die absoluten Höhen seines Instruments weniger verlassen kann, durch die beobachtete Differenz der mittägigen Höhen des Sterns und des Planeten erhalten, indem man nämlich diese Differenz zu der aus dem Sternkataloge gegebenen Deklination des Sterns addirt.

Man sieht, daß die Verfertigung eines solchen Sternkatalogs eines der wichtigsten Geschäfte der praktischen Astronomie ist, weil der Gebrauch desselben allen andern Beobachtungen zu Grunde liegt. Die vorzüglichsten der neueren Sternkataloge sind die von Piazzi (Catalogus proc. stellarum, Edit. II); von M. Lalande (Histoire céleste) und Bessel (Astron. Beob. in Königsberg).

III. Wir haben oben (§. 47. I) bemerkt, daß die dort gegebene Methode, die Schiefe der Ekliptik zu bestimmen, voraussetzt, daß die Zeit des Solstitiums mit der Zeit des Mittags zusammenfalle. Da dieß aber nur sehr selten eintreffen wird, so müssen wir ein Mittel haben, auf diese Abweichung Rücksicht zu nehmen.

Nehmen wir also an, daß man an jedem der dem Solstitium nahen Mittage nebst der Höhe der Sonne auch noch, nach dem (in II) erklärten Verfahren die Rectascension der Sonne beobachtet habe, so wird man dadurch die Zeit des Solstitiums genau bestimmen können. Die Sonne wird nämlich in den Wendepunkt in dem Augenblicke treten, wo ihre Rectascension 90 oder 270 Grade beträgt. Nehmen wir an, daß an dem dem Solstitium nächsten Mittage noch a Secunden zu 90° oder 270° fehlen, so wird man zu der beobachteten Deklination dieses Mittags noch das Quadrat dieser Zahl a, multiplicirt durch $0,_{0000018}$, addiren, um die wahre

Deklination des Solstitiums, d. h. um die wahre Schiefe der Ecliptik zu erhalten.

Ist in jenem Beispiele an dem der Sonnenwende nächsten Tage, d. h. am Mittage des 22. Junius, die Rectascension der Sonne gleich 89° 24′ 50″, so fehlen noch 0° 35′ 10″ oder a = 2110 Secunden zu 90°. Das Quadrat dieser Zahl mit $0,_{0000018}$ multiplicirt, gibt $7'',_{8}$. Es war aber die mittägige Deklination des 22. Junius gleich 23° 27′ 28″, also ist auch die wahre Schiefe der Ecliptik gleich $23° 27' 35'',_{8}$, und so wird man ebenfalls in allen andern Fällen verfahren. Ja man wird selbst mittelst der hier angeführten Correction auch die Deklinationen der übrigen Tage zur Bestimmung der Schiefe benützen können. Für den 23. Junius z. B. war die beobachtete Höhe der Sonne 65° 14′ 28″, also die mittägige Deklination derselben 23° 27′ 4″. Hatte man aber an diesem Mittage die Rectascension der Sonne gleich 91° 10′ 20″ beobachtet, so ist a = 1° 10′ 20″ = 4220 Secunden, und daher $0,_{0000018}$ mit dem Quadrat von a multiplicirt, gleich 32″, so daß man also hat

mittägige Deklination	23° 27′ 4″
Correction	$32,_{0}$
Schiefe der Ecliptik	$23° 27' 36'',_{0}$

bis auf $0'',_{2}$ mit der vorhergehenden übereinstimmend.

Hat man auf diese Weise aus mehreren Beobachtungen eine größere Anzahl von Werthen für die Schiefe der Ecliptik erhalten, die alle unter sich nahe genug übereinstimmen müssen, wenn anders die Beobachtungen für gut gehalten werden sollen, so wird man aus ihnen allen das sogenannte Mittel nehmen, d. h. man wird sie alle addiren und diese Summe derselben durch die Anzahl der Beobachtungen dividiren. Dieses Mittel aus mehreren einzelnen Beobachtungen wird im Allgemeinen der Wahrheit desto näher liegen, je besser die einzelnen Beobachtungen unter sich harmoniren und je größer die Anzahl derselben ist. Man wird daher in allen Fällen, wo eine größere Genauigkeit erfordert wird, die Beobachtungen zu wiederholen und die Resultate derselben alle auf eine gemeinschaftliche Zeit, wie hier die Zeit des Solstitiums, zu bringen suchen, wodurch man sich von den oft

unvermeidlichen Fehlern der einzelnen Beobachtungen, die zum Theil von der Unvollkommenheit der Instrumente, zum Theil aber auch von der unserer Sinne kommen, so viel möglich unabhängig machen kann. Man bemerkt von selbst, daß sich dieses Verfahren auch auf die vorhergehende Bestimmung des Frühlingspunkts anwenden läßt, wenn man, wie dort, mehrere beobachtete mittägige Deklinationen der Sonne hat. Man wird nämlich dann jede dieser in Secunden ausgedrückten Deklinationen, so lange sie noch klein sind, durch die Zahl $0{,}_{15353}$ multipliciren und dieses Produkt zu der beobachteten Differenz der Culmination der Sonne und des Sterns setzen, um sofort die gesuchte Rectascension des Sterns zu bekommen. So hat man in dem obigen Beispiele für den 19. März die mittägige Deklination $0^\circ\ 38'\ 53'' = 2333''$, also das erwähnte Produkt gleich $358'',_2 = 0h\ 5'\ 58'',_2$ und dieß von der Culminationsdifferenz dieses Tages oder von $2h\ 3'\ 37'',_5$ subtrahirt, gibt die Rectascension des Sterns $1h\ 57'\ 39'',_3$ wie zuvor. Eben so gibt den 20. März jenes Produkt $0h\ 2'\ 19'',_9$ und die Rectascension $1h\ 57'\ 39'',_2$. Für den 21. März endlich ist das Produkt $0h\ 1'\ 18'',_3$ und daher die Rectascension $1h\ 57'\ 39'',_4$, so daß man im Mittel aus allen drei Beobachtungen für die gesuchte Rectascension des Sterns $1h\ 57'\ 39'',_3$ annehmen kann, wo zugleich die gute Uebereinstimmung der täglichen Beobachtungen für die Zuverläßigkeit derselben und daher auch für die Genauigkeit des Endresultats zeugen wird.

§. 53. (Orte der Sonne für alle Tage des Jahres.) Das Vorhergehende setzt uns in den Stand, für alle Mittage des Jahres die Rectascension sowohl, als auch die Deklination der Sonne durch Beobachtungen zu bestimmen. Ist V (Fig. 2) der Frühlingspunkt, AVQ der Aequator und MVL die Ekliptik, und bezeichnet S den Ort der Sonne in der Ekliptik für einen gegebenen Tag, so sey ST der Bogen eines größten, auf dem Aequator in T senkrechten Kreises, dessen Verlängerung also (Einl. §. 5) durch den Pol N des Aequators geht. Dieß vorausgesetzt, bezeichnet der Winkel QVL = AVM die Schiefe der Ekliptik und der Bogen VT die Rectascension, so wie TS die Deklination (Einl. §. 22. I) der Sonne für jenen Tag. Der Bogen VS der Ekliptik aber, der

zwischen dem Frühlingspunkte und der Sonne enthalten ist, drückt (Einl. §. 22. II) die Länge der Sonne aus, deren Breite immer gleich Null ist, weil sich der Mittelpunkt der Sonne eben in der Ebene der Ekliptik bewegt.

Wie man aber, nach dem oben (§. 49. I) Gesagten, in einem ebenen oder geradlinigen Dreiecke, wenn mehrere Seiten und Winkel desselben gegeben sind, die andern Seiten und Winkel durch die Vorschriften der ebenen Trigonometrie finden kann, so läßt sich dasselbe auch für solche Dreiecke thun, die von größten Kreisen auf der Oberfläche einer Kugel gebildet werden. Solche sogenannte sphärische Dreiecke sind in unserer Figur NZS′, ENS′ und VTS, und die Lehren, welche die Auflösung solcher Dreiecke betreffen, bilden die sogenannte sphärische Trigonometrie, die ebenfalls einen Theil der gesammten Geometrie ausmacht, aber hier, dem uns gegebenen Zwecke gemäß, nicht vorgetragen werden kann. Wir werden uns daher begnügen, zu wissen, daß man, wenn in einem sphärischen, bei T rechtwinkeligen Dreiecke die beiden Seiten VT und TS, oder auch der Winkel V und eine jener beiden Seiten, gegeben ist, die Seite VS oder die Länge der Sonne, mittelst der sphärischen Trigonometrie, durch eine einfache Rechnung leicht finden kann.

Die nun folgende Tafel enthält für jeden zehnten Tag des Jahres, für den Mittag desselben in Wien, in der zweiten Columne die Länge, in der dritten die Deklination und in den beiden letzten die Rectascension, die letzte in Graden und Zehntheilen derselben, und dann auch in Stunden und Minuten ausgedrückt, wo 15 Grade auf eine Stunde gehen. Diejenigen Tage des Jahres, wo die Sonne unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre (Einl. §. 12) ist, haben eine südliche Deklination (Einl. §. 13) und sind daher mit einem Striche bezeichnet. Aus dieser Tafel findet man die Länge, Deklination und Rectascension der Sonne für jeden, in derselben nicht unmittelbar angegebenen Tag leicht durch eine einfache Proportion. Sucht man z. B. die Länge der Sonne für den Mittag des 4. Januars, so hat man, da die Differenz der Tafel für den 1. und 11. Januar $10^{\circ},_{3}$ beträgt,

$$\begin{array}{c} \text{T} \quad \text{T} \\ 10 : 3 = 10^{\circ},_3 : X \end{array}$$

woraus folgt $X = 3^{\circ},_{09}$

1. Jan. . . $280,_3$

4. Jan. . . $283^{\circ},_{39}$ gesuchte Länge.

Eben so findet man für denselben Mittag die Deklination der Sonne $22^{\circ},_{74}$ südlich und die Rectascension $284^{\circ},_5$ oder in Zeit $18h\ 58',_2$.

Man wird diese Tafel zur Orientirung des Globus (Einl. §. 30. III und §. 31) statt des dort erwähnten Verzeichnisses der Sonnenorte auf dem Horizontalkreise des Fußgestells und auch in der Folge noch zu mehreren anderen Zwecken mit Nutzen gebrauchen können. Hier wollen wir nur bemerken, daß diese Tafel, genau genommen, eigentlich nur für solche Jahre, wie 1827, 1831, 1835, gilt, die unmittelbar vor einem Schaltjahre vorhergehen. Will man sie auch für andere Jahre genau haben, so wird man Folgendes bemerken:

Für solche Jahre, die mitten zwischen zwei Schaltjahren liegen, wie 1830, 1834, wird man alle Zahlen der Tafel um $0^{\circ},_3$ vermehren, und z. B. für die Länge des 1. Aprils nicht $10^{\circ},_9$, sondern $11^{\circ},_2$ haben.

Für solche Jahre, die unmittelbar auf ein Schaltjahr folgen, wie 1829, 1833, 1837, wird man diese Zahlen um $0^{\circ},_5$ vermehren, und daher für die Länge des 2. März haben $341^{\circ},_6$.

Für Schaltjahre selbst endlich, wie 1832, 1836, wird man die Zahlen der Tafel in den beiden ersten Monaten des Jahres, im Januar und Februar, um $0^{\circ},_3$ vermindern und in den zehn folgenden Monaten um $0^{\circ},_8$ vermehren, so daß man z. B. für die Länge am 10. Februar hat $320^{\circ},_6$ und für die des 10. Junius $79^{\circ},_5$.

In der letzten Columne, welche die Rectascension in Zeit angibt, wird man, statt der vorhergehenden Zahlen, $0^{\circ}.{}_3$, $0^{\circ},_5$ und $0^{\circ},_8$ in derselben Ordnung setzen $0h\ 1'$, $0h\ 2'$ und $0h\ 3'$.

Tafel der Sonnenorte für alle Tage des Jahres.

Tage.	Länge.	Deklination.	Rectascension. in Bogen	Rectascension. in Zeit
Januar 1	280°,3	— 23°,1	281°,2	18h 45′
11	290,6	— 21,9	292,2	19 29
21	300,7	— 20,0	302,9	20 12
31	310,9	— 17,5	313,3	20 53
Febr. 10	320,9	— 14,5	323,4	21 34
20	331,1	— 11,1	333,1	22 12
März 2	341,1	— 7,4	342,6	22 50
12	351,0	— 3,5	351,8	23 27
22	1,0	0,4	1,0	0 4
April 1	10,9	4,3	10,0	0 40
11	20,7	8,1	19,2	1 17
21	30,5	11,7	28,4	1 54
Mai 1	40,2	14,9	37,8	2 31
11	49,8	17,7	47,4	3 10
21	59,5	20,1	57,3	3 49
31	69,1	21,8	67,4	4 30
Juni 10	78,7	23,0	77,7	5 11
20	88,2	23,4	88,1	5 52
30	97,7	23,2	98,5	6 34
Juli 10	107,2	22,3	108,8	7 15
20	116,8	20,8	118,9	7 56
30	126,5	18,7	128,8	8 35

Tafel der Sonnenorte für alle Tage des Jahres.

Tage.	Länge.	Deklination	Rectascension.	
			in Bogen	in Zeit
Aug. 9	136°,0	16°,0	138°,5	9h 14′
19	145,5	13,0	147,9	9 52
29	155,2	9,6	157,1	10 28
Sept. 8	164,9	5,9	166,1	11 5
18	174,6	2,1	175,1	11 41
28	184,4	— 1,9	184,1	12 17
Okt. 8	194,3	— 5,7	193,2	12 53
18	204,2	— 9,4	202,5	13 30
28	214,2	— 12,9	212,0	14 8
Nov. 7	224,2	— 16,1	221,8	14 47
17	234,3	— 18,9	231,9	15 28
27	244,4	— 21,0	242,5	16 10
Dec. 7	254,5	— 22,6	253,3	16 53
17	264,7	— 23,4	264,3	17 37
27	274,9	— 23,3	275,4	18 22

Bemerken wir noch, daß die früheren Astronomen den Kreis, welchen die Sonne am Himmel beschreibt, nicht in 360 Grade, wie alle übrigen Kreise, sondern in zwölf sogenannte Zeichen getheilt haben, deren jedes 30 Grade enthielt. Diese Zeichen benannten sie nach den zwölf Sternbildern, welche den ganzen Umkreis der Ekliptik einnehmen und die, mit ihren eigenen Charakteren, in der Ordnung, wie sie von dem Frühlingspunkte gen Ost auf einander folgen, sind:

Zeichen	Länge	Zeichen	Länge
Widder ♈ . .	0° bis 30°	Waage ♎ . .	180° bis 210°
Stier ♉ . .	30 — 60	Scorpion ♏ .	210 — 240
Zwillinge ♊	60 — 90	Schütze ♐ . .	240 — 270
Krebs ♋ . .	90 — 120	Steinbock ♑ .	270 — 300
Löwe ♌ .	120 — 150	Wassermann ♒	300 — 330
Jungfrau ♍	150 — 180	Fische ♓ . . .	330 — 360

Man kann sich die Aufeinanderfolge dieser Zeichen der Ecliptik leicht durch die zwei bekannten Verse dem Gedächtnisse einprägen:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Die Alten drückten die Länge der Sonne und überhaupt aller Himmelskörper durch diese Zeichen so aus, daß sie z. B. die Länge der Sonne für den 9. August, die nach der vorhergehenden Tafel 136 Grade beträgt, durch ♌, 16, das heißt durch den 16ten Grad des Löwen bezeichneten. Wenn man diese Zeichen mit den Sternbildern der Ecliptik, wie sie auf dem Globus erscheint, vergleicht, so wird man diese Sternbilder alle um ein Zeichen, oder nahe um 30 Grade weiter gegen Osten erblicken, so daß z. B. das Sternbild des Widders nicht den Raum des ersten, sondern schon des zweiten Zeichens, das des Stiers das dritte Zeichen u. s. f. einnimmt, eine sehr merkwürdige Veränderung, auf welche wir später wieder zurückkommen werden.

Kapitel IV.

Jährliche Bewegung der Erde.

§. 54. (Doppelte Erklärung der jährlichen Bewegung der Sonne.) Wir haben in dem vorhergehenden Kapitel gesehen, wie man die Bahn der Sonne und die Bewegung derselben um die Erde bestimmen könne. Dabei scheint es sich nun gleichsam von selbst zu verstehen, daß diese Sonne sich auch in der That um unsere Erde bewege, und daß wir nicht so umständlich uns über eine Erscheinung verbreiten werden, die am Ende etwa wieder mit einer bloßen Täuschung endet, wie wir dieß schon bei der täglichen Bewegung des ganzen Himmels erfahren haben, den wir nun in seiner Ruhe nicht weiter stören und dafür die unendlich kleine Erde sich täglich um ihre Axe drehen lassen, wodurch, wie wir gesehen haben, diese Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels eben so vollständig und genügend dargestellt wird.

Dasselbe hat aber auch in Beziehung auf die jährliche Bewegung der Sonne um die Erde statt. Alle die Erscheinungen, die wir im dritten Kapitel unter der Voraussetzung betrachtet haben, daß die Sonne in der Ebene der Ecliptik jährlich ihren Kreislauf um die im Mittelpunkte dieses Kreises ruhende Erde vollende, werden sich genau eben so unserem Auge unter der ganz entgegengesetzten Voraussetzung darstellen, daß die Erde in demselben Kreise, den wir zuvor der Sonne angewiesen haben, sich jährlich um die in dem Mittelpunkte dieses Kreises ruhende Sonne bewegt. Auch hier, wie dort bei der täglichen Bewegung des Him-

mels, kann in der äußern Erscheinung selbst nichts gefunden werden, was uns für die Annahme der einen oder der andern dieser beiden Hypothesen vorzugsweise bestimmen könnte, und es muß daher wieder anderen, inneren Gründen überlassen bleiben, zu entscheiden, welche von den beiden Voraussetzungen die wahre ist.

Die Fixsterne, mit welchen wir oben die Bewegung der Sonne verglichen haben, um daraus die Bahn der letztern abzuleiten, dienen uns, als die einzigen fixen Punkte des Himmels, die wir kennen, gleichsam nur als Gränzsteine, mit welchen wir die Sonne, den Mond und andere uns nähere und daher auch näher angehende Himmelskörper zu vergleichen, und durch welche wir, als durch bekannte und unveränderliche Punkte, die Orte dieser Himmelskörper zu bestimmen pflegen. Wir denken uns in der Mitte dieser großen Rotunde, auf deren Gewölbe die Sterne befestigt sind, und sehen in einiger Entfernung von uns einen Körper, die Sonne, der den links oder östlich von ihm stehenden Sternen immer näher rückt und einen nach dem andern auf seinem Wege mit dem Lichte bedeckt, das er nach allen Seiten ausstrahlt. Allein ganz dasselbe werden wir auch zu sehen glauben, wenn dieser leuchtende Körper selbst im Mittelpunkte jener Rotunde ruhte und wir, oder unsere Erde dafür in derselben östlichen Richtung um ihn liefe. Der Punkt der Rotunde, den uns die Sonne verdeckt, wird eben so, wie dort, nach der linken Seite laufen, die Sonne wird auch hier den von ihr östlich liegenden Fixsternen immer näher rücken und die ganze Erscheinung wird dieselbe seyn. Wenn man in der Mitte eines großen runden Saales ein Licht auf den Tisch stellt und nahe um diesen Tisch herum geht, so wird man das Licht ganz auf dieselbe Art an der Wand herum rücken sehen, als wenn man selbst in der Mitte des Saales still steht und das Licht in derselben Nähe und in derselben Richtung um sich herum tragen läßt.

Denken wir uns die Erde S (Fig. 8) im Mittelpunkte des gestirnten Himmels und lassen wir um sie die Sonne sich jährlich in dem Kreise a b c d in der Richtung von a nach b bewegen. Die Sonne sey

in dem Punkte a im Anfange des Frühlings am 21. März
— — b — — — Sommers — 21. Junius
— — c — — — Herbstes — 22. September
— — d — — — Winters — 21. December,

so wird also die Sonne, von der Erde S aus gesehen, im Anfange dieser vier Jahreszeiten

im Frühling in der Linie Sa oder im Widder
— Sommer — — Sb — Krebs
— Herbst — — Sc — Wage
— Winter — — Sd — Steinbock

erscheinen, und so im Laufe des Jahres alle Sternbilder der Ecliptik, in der oben (§. 53) angeführten Ordnung, oder von West gen Ost, zurückzulegen scheinen.

Nehmen wir im Gegentheile an, daß S die Sonne bezeichne, die im Mittelpunkte des Kreises abcd ruht, den die Erde jährlich um sie in derselben Richtung beschreibt, so daß die Erde im Anfange der vier Jahreszeiten diejenigen Punkte der Ecliptik einnehme, die der Sonne, in der vorhergehenden Annahme, gegenüber stehen, so wird die Erde seyn

in dem Punkte c im Anfange des Frühlings, am 21. März
— — d — — — Sommers — 21. Junius
— — a — — — Herbstes — 22. Sept.
— — b — — — Winters — 21. December

und man wird daher die Sonne S, von der Erde aus gesehen, im Anfange dieser vier Jahreszeiten, im Frühlinge in der Linie cSa oder im Widder, im Sommer in der Linie dSb oder im Krebs u. s. f., kurz wieder in denselben Sternbildern, wie zuvor erblicken, so daß also, wie gesagt, die Erscheinung der jährlichen Bewegung der Sonne um die ruhende Erde ganz eben so gut durch eine Bewegung der Erde um die ruhende Sonne dargestellt werden kann.

Welche dieser beiden Voraussetzungen ist nun die wahre? — Wir wollen die Gründe für und wider abwägen und zusehen, welche von beiden den Ausschlag geben.

§. 55. (Die Sonne, als vorzüglichster Körper des Planetensystems, steht in der Mitte desselben.) Die Sonne ist bekanntlich die Quelle des Lichts und der Wärme, nicht bloß für unsere Erde, sondern noch für eine sehr große Anzahl anderer unserer Erde

ähnlichen Himmelskörper, der Planeten und Kometen, also auch wohl, wenigstens höchst wahrscheinlich, die Quelle aller der mannigfaltigen Bewegungen, welche wir an diesen Himmelskörpern bemerken. Um diese letzten für die zahllosen Wohlthaten, welche sie von der Sonne erhalten, am meisten fähig und empfänglich zu machen, wird es wohl am angemessensten seyn, den Thron der Sonne in der Mitte aller anderen Bahnen, also auch in der Mitte der Erdbahn zu errichten, damit alle übrigen Körper ihres Systemes von ihren Strahlen gleichförmig erleuchtet und erwärmt werden können. Aber Gründe dieser Art gehören mehr der Imagination, als dem Verstande, mehr der Dichtkunst, als der Mathematik an. Sie sind, wie so manche andere, aus dem Gebiete der Metaphysik, auf eine vielleicht nur eingebildete Harmonie des Weltalls gebaut, die zu ergründen dem menschlichen Geiste wahrscheinlich immer unmöglich bleiben wird. Wenn wir uns der Wahrheit mit sicheren Schritten nähern wollen, so müssen wir jene Abwege, die schon oft genug irre geführt haben, vermeiden und uns nur an solche Gründe halten, die entweder aus bloßen Beobachtungen hervorgehen, oder die ein unmittelbares Resultat der Rechnung sind, da diese beiden die zwei einzigen sicheren Grundlagen aller menschlichen Erkenntnisse sind.

§. 56. (Die Erde bewegt sich um die viel größere Sonne.) Etwas besser werden wir verfahren, wenn wir auf die bereits bekannte Größe der zwei Körper, um die es sich hier handelt, Rücksicht nehmen. Die Sonne aber ist, wie wir gesehen haben, eine Kugel von so ungeheurer Größe, daß man daraus nahe eine und eine halbe Million solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, machen könnte. Welches mächtige, uns unsichtbare Band nun auch diese beiden Körper an einander knüpfen, welche Kraft den einen derselben um den anderen führen mag, ist es nicht, auf den ersten Blick schon, unendlich wahrscheinlicher, daß diese Kraft in dem größeren wohnen, daß also der kleinere Körper sich um den so vielmal größeren, nicht aber dieser um jenen sich bewegen werde? Wenn wir zwei Steine von sehr verschiedenem Gewichte an die beiden Enden einer Schnur befestigen und sie so verbunden in die Luft schleudern, so werden sich, nach den ersten Gesetzen der Mechanik beide Körper des Systems um ihren gemeinschaftlichen

Schwerpunkt drehen, und wenn der eine dieser Steine von nahe gleichem specifischem Gewichte $1^1/_2$ Millionenmal größer ist, als der andere, so wird jener gemeinschaftliche Schwerpunkt des Systems so nahe bei dem Mittelpunkte des größeren Steines liegen, daß er beinahe mit diesem Mittelpunkte zusammenfallen, also nahe in der Mitte des größeren Steines liegen wird. Die Folge davon wird seyn, daß der kleinere Stein sich um den großen bewegen, und daß dieser große seinen Ort nur unmerklich verändern oder nur sehr kleine Bewegungen um jenen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, der zugleich sehr nahe mit dem Schwerpunkte des größeren Körpers zusammenfällt, haben wird. Dasselbe wird also auch der Fall mit jenen zwei Körpern des Himmels seyn, die eben so sehr an Größe unter sich verschieden sind, wenn sie sich frei und ohne fremde Einwirkung anderer Körper im Weltraume bewegen.

§. 57. (Analogie der Erde mit den übrigen Planeten.) Wir haben schon öfters der Planeten erwähnt, dieser Himmelskörper, die, wie die Fernröhre zeigen, uns viel näher sind, als die Fixsterne. Sie erscheinen uns in der Gestalt von kleineren oder größeren runden Scheiben, während die unendlich weiter entfernten, obschon vielleicht an sich viel größeren Fixsterne, wegen ihrer großen Entfernung, nur als untheilbare Punkte gesehen werden. Sie kommen uns öfters so nahe, daß der Durchmesser dieser ihrer Scheiben, wie bei der Venus siebenmal, bei Mars neunmal, größer erscheint, als zu anderen Zeiten, und daß sie ähnliche Lichtphasen, wie die des Mondes im zu- und abnehmenden Lichte, zeigen. Sie scheinen also recht eigentlich uns, unserem Sonnensysteme, anzugehören, wie unsere Erde selbst und daher auch in dieser Beziehung mit der Erde verwandte Himmelskörper zu seyn. Wenn man aber ihre Bewegungen, wie sie von der Erde gesehen werden, unter den fixen Sternen des Himmels einige Zeit verfolgt, so bemerkt man bald, daß die Bahnen derselben äußerst unregelmäßig und beinahe keinem Gesetze unterworfen sind. Die Sonne bewegt sich, wie die Tafel des § 53 zeigt, während ihres scheinbaren jährlichen Laufes, sehr regelmäßig, und dasselbe bemerkt man auch bei dem Monde, der täglich nahe um dreizehn Grade östlich gegen die Fixsterne fortschreitet. Nicht so die Planeten. Diese zeigen nicht nur sehr

auffallende Aenderungen ihrer Geschwindigkeiten, sondern sie stehen oft längere Zeit ganz unbeweglich bei einem Sterne und bewegen sich bald gen Osten, bald auch, in verkehrter Richtung, gegen Westen. Verfolgt man sie einige Monate, so findet man, daß ihr Weg am Himmel, wie er von der Erde gesehen wird, eine äußerst verwickelte krumme Linie ist, die aus mehreren Knoten und Schlingen besteht und in keinem ihrer Theile auch nur die kleinste Spur von Ordnung und Regelmäßigkeit zeigt. Noch verwickelter erscheinen die Bahnen der Kometen, wie man auf den älteren Homann'schen Himmelskarten sieht, wo mehrere derselben verzeichnet sind.

Die Alten haben sich lange gequält, diese Sonderbarkeiten zu erklären, und sie sind dabei auf eben so wunderliche, als auch in der That sinnreiche Mittel verfallen, die aber nicht zu dem gewünschten Zwecke führten, wie wir später sehen werden. Copernicus war der erste, der lebhaft fühlte, daß diese so wunderlich verschlungenen Linien nicht die wahren Bahnen der Planeten seyn können und der, von diesem Gefühle gedrängt, den wahren und einzig möglichen Weg einschlug, diesen empörenden und so lange unerklärbaren Unregelmäßigkeiten dadurch ein Ende zu machen, daß er suchte, wie die Bahnen der Planeten, die aus der Erde gesehen, so ungemein verwickelt erscheinen, aus dem Mittelpunkte der Sonne gesehen werden. Er fand, daß, von diesem Standpunkte aus, alle jene Unregelmäßigkeiten, wie ein gelöster Zauber, verschwinden, und daß diese früher so complicirten Bewegungen ganz eben so einfach und regelmäßig werden, wie die, welche wir bei der Sonne und dem Monde bemerken. Jene sonderbaren Knoten lößten sich sofort von selbst auf und die Stillstände, so wie die rückgängigen Bewegungen erschienen nur als optische Täuschungen, die bloß daher kommen, weil wir diese Planeten nicht aus der Sonne, als aus dem fixen Mittelpunkte ihrer Bewegungen, sondern weil wir sie aus der Erde, aus der sich selbst um die Sonne bewegenden Erde, also aus einem Standpunkte betrachten, der seinen Ort im Weltraume selbst mit jedem Tage ändert. Die einfache und so lange verborgene Idee, daß alle Planeten, also auch die Erde, Kreise von bestimmten Halbmessern beschreiben, in deren gemeinschaftlichem Mittelpunkte die Sonne ruht, diese Idee

löste mit eins, wie wir weiter unten noch näher sehen werden, alle die großen Schwierigkeiten, die den scharfsinnigsten Astronomen des Alterthums unübersteiglich schienen; sie verwandelte eine unerklärbare Unordnung und Gesetzlosigkeit in die schönste, einfachste Harmonie und schuf, gleich einem Blitze, die dunkelste Nacht zum hellsten Tage um. Diese Idee war es, wodurch uns Copernicus die wahre Anordnung des Weltsystems offenbarte, und wodurch er der Vater der neuen Astronomie geworden ist. Wer von uns könnte, wenn er anders noch Sinn für verständige Klarheit und Ordnung hat, der Kraft eines solchen Beweises sich noch länger entziehen? Welche Complicationen in den Bewegungen aller anderen Planeten, wenn wir die Erde nicht auch, gleich jenen, sich um die Sonne bewegen lassen! Welche entsetzliche Geschwindigkeit müßte man bei den entfernteren Planeten voraussetzen, um sie alle Jahre ihren großen Kreis um die ruhende Erde vollenden zu lassen. Uranus z. B. ist neunzehnmal weiter, als die Sonne, von uns entfernt und er müßte daher, um die Peripherie seiner Bahn von 2500 Millionen d. M. jährlich zu vollenden, jeden Tag sieben Millionen Meilen zurücklegen.

Wir haben bereits oben gesehen, daß man die Erde nicht als einen isolirten, für sich bestehenden Körper, dessen Gleichen nicht mehr in der Natur zu finden ist, sondern daß man sie im Chor der anderen Erden unseres Sonnensystems, als ein Glied der ganzen, großen Planetenfamilie betrachten müsse, denen sie in so vielen Beziehungen ganz ähnlich ist. So wie Jupiter, unseren Beobachtungen zu Folge, in jedem seiner Tage sich um sich selbst und in jedem seiner Jahre, in der Begleitung seiner vier Monden, sich um die Sonne bewegt, so dreht auch unsere Erde sich täglich um ihre Axe, so bewegt auch sie sich, in Begleitung ihres Mondes, jährlich um die Sonne. Ein Beobachter auf Jupiters Oberfläche würde wohl eben so, wenn er bloß dem ersten Eindrucke seiner Sinne folgt, das ganze Planetensystem und die Sonne selbst, um sich, als um den Mittelpunkt aller jener Bahnen, in Bewegung glauben und seine beinahe 1300mal größere Erde würde diese Täuschung noch beträchtlich vermehren.

§. 58. (Das bekannte Kepler'sche Gesetz der Planeten gilt auch für die Erde). Aus der Sonne gesehen, würden uns alle Pla=

neten einfache Kreise, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt in dem der Sonne liegt, zu beschreiben scheinen. Die Ebenen dieser Kreise liegen alle in geringen Entfernungen um die Ecliptik, d. h. um die Bahn der Erde, die also mitten unter den Bahnen aller übrigen angetroffen wird. Die Bewegungen jener Planeten in ihren Kreisen gehen alle in der Richtung von West gen Ost vor sich, und eben dieselbe Richtung muß auch die Bewegung der Erde haben, wenn die in §. 54 erwähnten Erscheinungen Statt haben sollen. Schon diese beiden Analogien machen die jährliche Bewegung der Erde um die ruhende Sonne sehr wahrscheinlich, aber diese Wahrscheinlichkeit wird noch sehr vermehrt, wenn man auf das bekannte Gesetz Rücksicht nimmt, welches zwischen den Umlaufszeiten der Planeten und zwischen den Halbmessern der von ihnen beschriebenen Kreise besteht. Nach diesem, von **Kepler** entdeckten, Gesetze verhalten sich bei den Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen. Wenn daher dasselbe Verhältniß, welches bei allen Planeten statt hat, auch zwischen der Erde und einem jener Planeten besteht, so folgt daraus, daß auch diese Erde für einen Planeten gehalten werden soll. Nun kennen wir z. B. für Jupiter die Umlaufszeit 4.331.974 Tage, und den Halbmesser seiner Bahn 109.214.000 d. Meilen. Für die Erde aber ist, den Beobachtungen zu Folge, ihre mittlere Entfernung von der Sonne gleich 21.000.000 Meilen. Nennt man daher T die Umlaufszeit der Erde, so muß, in Folge jenes Gesetzes, das Quadrat des Bruches $\frac{T}{4.331.974}$ gleich seyn dem Würfel des Bruches $\frac{21.000}{109.214}$. Allein der Würfel des letzten Bruches ist $0{,}00710924$, und von dieser Zahl die Quadratwurzel $0{,}0843163$. Multiplicirt man daher die letzte Zahl durch 4.331.974, so erhält man für die gesuchte Umlaufszeit der Erde $T = 365{,}256$ Tage, vollkommen mit der wahren Länge des Jahres, wie sie die Beobachtungen geben, übereinstimmend. Zwar haben wir oben (§. 50) diese Länge des Jahres um nahe den hundertsten Theil eines Tages kleiner gefunden, allein unser bürgerliches Jahr bezieht

sich auf den Frühlingspunkt, und da derselbe, wie wir später sehen werden, selbst etwas veränderlich ist, so muß auch das bürgerliche Jahr der Erde von dem wahren oder von der in der That Statt habenden Umlaufszeit der Erde um die Sonne etwas verschieden seyn.

Da also jenem Gesetze, dem alle Planeten gehorchen, auch die Erde unterworfen ist, so werden wir auch annehmen müssen, daß die Erde selbst ein Planet ist, und sich, wie alle übrigen, um die Sonne bewegt. Dieselbe Centralkraft der Sonne, welche die Planeten in ihren Bahnen zurückhält, und welche die den Planeten eigenthümliche, aus ihrer Bewegung entspringende Centrifugalkraft aufwiegt, wie sollte sie nicht auch auf die Erde wirken, und wie sollte dann die Erde dieser Wirkung der Centralkraft der Sonne widerstehen, wenn nicht auch sie mit einer Centrifugalkraft, d. h. wenn nicht auch sie mit einer Bewegung um die Sonne begabt wäre?

§. 59. (Die jährliche Bewegung der Erde ist eine Folge der täglichen). Wenn wir ferner die tägliche Rotation der Erde als bewiesen voraussetzen, wie wir dieses nach dem Vorhergehenden zu thun wohl berechtigt sind, und wenn wir dann die Ursache aufsuchen, welche dieser Rotation ihre Entstehung gegeben hat, so können wir sie nur in einem augenblicklichen Stoße finden, den die Erde im Augenblicke ihrer Entstehung durch eine äußere Kraft erhalten hat, und der z. B. von der Anziehung irgend eines Körpers außer ihr entstanden seyn kann. Wenn die Richtung dieses Stoßes nicht genau durch den Mittelpunkt der Erde gegangen ist, — und wie unwahrscheinlich wäre diese Annahme unter den unzähligen andern möglichen Fällen — so mußte dadurch die Erde, gleich einem Kreisel, eine Rotation erhalten, die desto schneller seyn müßte, je größer jener ursprüngliche Stoß, und je weiter seine Richtung von dem Mittelpunkte der Erde entfernt gewesen ist. Allein jeder solche Stoß, der eine Rotation der Erde hervorbringt, mußte auch zugleich eine fortschreitende Bewegung ihres Mittelpunkts erzeugen. Wir wissen aus Erfahrung, wie schwer es ist, uns selbst oder einen andern Körper um eine Axe zu drehen, ohne ihn zugleich aus seiner Stelle zu rücken, und man sieht leicht, daß dieses eigentlich ganz unmöglich ist,

wenn der Körper nicht auf irgend eine Weise an seiner Stelle festgehalten wird. Da aber die Erde, so viel wir wissen, durch keine äußere Kraft an ihre Stelle im Weltraume festgehalten wird, so ist schon die bloße Existenz ihrer Rotation zugleich ein Beweis für die progressive Bewegung derselben.

Uebrigens ist diese jährliche Bewegung der Erde viel schneller, als die tägliche. Vermöge der letztern beschreibt jeder Punkt der Oberfläche des Aequators, während seiner Rotation um die Axe, in einer Secunde nur $0{,}_{0626}$ einer d. Meile, oder 1.430 Par. Fuß, während jeder Punkt der Erde, in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne, während einer Secunde nahe 4 d. Meilen zurücklegt, so daß also die letzte Geschwindigkeit gegen 64mal größer ist, als die erste. Während wir also die wenigen Zeilen dieses letzten Absatzes gelesen haben, sind wir schon über 20 Meilen im Raume fortgerückt. Könnten wir in irgend einem Fahrzeuge mit derselben Geschwindigkeit, welche die Erde in ihrer Bahn hat, auf der Oberfläche der Erde uns bewegen, so würden wir eine sogenannte Reise um die Welt, oder den Umkreis der Erde von 5.400 Meilen, schon in 22 $^1/_2$ Minuten zurücklegen, wozu Capitän Cook 3 Jahre und 14 Tage brauchte. Ohne die Umwege und Abhaltungen aller Art, denen eine solche Reise gewöhnlich ausgesetzt ist, würde ein Schiff, das in jeder Secunde 10 Fuß zurücklegt, und daher unabläßig fortsegelt, was vielleicht um die Hälfte zu viel ist, jene Reise um die Welt doch erst in 142 Tagen 18 Stunden, also in mehr als 4 $^1/_2$ Monaten, vollenden.

Obschon wir also, nach allem Vorhergehenden, die Voraussetzung der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne als höchst wahrscheinlich, wenn nicht als unzweifelhaft, annehmen dürfen, so müssen wir doch auch gestehen, daß die Gründe, welche wir bisher für die Existenz dieser Bewegung vorgetragen haben, so großen Gewichtes sie auch an sich seyn mögen, doch sämmtlich nur äußere oder aus der Analogie mit andern Weltkörpern entlehnte Gründe sind, und daß es daher noch immer wünschenswerth bleibt, auch innere, von der Erde selbst genommene, Beweise für diese Bewegung derselben aufzufinden. So hatten wir oben, für die tägliche Rotation der Erde, sehr deutliche Spuren an ihr selbst gefunden, nämlich an ihrer Abplattung bei den Po-

len, an der östlichen Abweichung frei fallender Körper, an der Aenderung der Pendellänge u. s. w. Sollten sich nun nicht auch von der jährlichen Bewegung der Erde ähnliche Zeugnisse auf ihr selbst finden lassen, besonders da, wie wir so eben gesehen haben, diese Bewegung so viel schneller ist, als jene?

Dieser Wunsch wird allerdings schwer zu befriedigen seyn, da beide Bewegungen, in Beziehung auf diesen unsern Zweck, so sehr von einander verschieden sind. Denn bei der täglichen Rotation bewegen sich verschiedene Punkte der Erdfläche ebenfalls mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten, der Aequator am schnellsten, die kleineren Parallelkreise immer langsamer, und die beiden Pole endlich gar nicht. Eben diese Verschiedenheiten boten uns aber zugleich die Merkmale dar, an welchen wir jene Rotation selbst erkennen konnten. Bei der jährlichen Bewegung aber verhält sich die Sache nicht mehr so, da hier alle, selbst die inneren Theile der Erde, mit gleicher Geschwindigkeit und in derselben Richtung fortgeführt werden, daher denn auch diese Bewegung durch eine bloße Vergleichung der einzelnen Theile der Erde nicht weiter erkannt werden kann.

Sollte sie aber, wenn auch nicht mehr an der Erde selbst, doch wenigstens an den Gegenständen außer ihr bemerkbar seyn, und da Spuren zurücklassen, welche von ihrer eigenen Bewegung zeugen? — Die beiden folgenden Kapitel werden uns Gelegenheit geben, diese Frage näher zu untersuchen.

Kapitel V.

Parallaxen und Entfernungen der Gestirne von der Erde.

§. 60. (Scheinbare Bewegung der Gegenstände). Wenn man sich in einer mit Bäumen oder Gebäuden besetzten, und in weiter Ferne mit Bergen begränzten Ebene nach irgend einer Richtung **vorwärts** bewegt, so scheinen sich die uns näheren Bäume, in Beziehung auf jene fernen Berge, rückwärts zu bewegen, oder sie scheinen südlich hinter uns zu rücken, wenn wir selbst gegen Norden gehen, und diese südliche Bewegung der uns zu beiden Seiten umgebenden Gegenstände erscheint desto schneller, je näher sie uns stehen, während jene fernen Berge zwar auch, aber nur sehr langsam, gegen Süden zurückgehen, und wir selbst schon einen beträchtlichen Weg gegen Norden gemacht haben müssen, um zu bemerken, daß einer dieser Berge, der z. B. im Anfange unserer Reise genau im Ost- oder Westpunkte stand, nun auch etwas gegen Süd zurückgegangen ist. Eben so werden uns diejenigen Bäume, die vor uns gegen Norden stehen, immer weiter auseinander zu rücken scheinen, je weiter wir selbst gen Norden vorgehen, oder je näher wir ihnen kommen, während im Gegentheile diejenigen, die hinter uns im Süden stehen, immer näher an einander rücken werden, je weiter wir uns von ihnen entfernen. Aus dieser Ursache erscheinen uns die zwei Reihen einer Allee, obschon sie einander ganz parallel sind, doch immer desto näher

an einander zu rücken, je weiter sie von uns, wenn wir diese Allee betreten, entfernt sind. Diese Erfahrungen sind zu bekannt, als daß wir uns hier länger dabei aufhalten sollten.

Dasselbe, was hier von den Bäumen einer Gegend gesagt wurde, muß nun auch von den Sternen des Himmels gelten, wenn sie anders nicht etwa so weit von uns entfernt sind, daß alle Veränderungen unseres Ortes, daß alle Wege, die wir auf oder auch mit der Erde machen können, gegen diejenigen Abstände, welche uns von den Gestirnen trennen, für nichts zu achten seyn sollten, wo wir dann die Verrückung dieser Gestirne eben so wenig bemerken würden, als wir z. B. die Verrückung eines mehrere Meilen von uns entfernten Berges bemerken, wenn wir ihn aus einem oder aus dem andern Fenster unserer Stube betrachten. In der That haben wir auch bereits (§. 57) gesehen, daß sich diese Veränderung bei den Planeten zeige, und wir haben eben daraus eine beinahe an völlige Ueberzeugung gränzende Wahrscheinlichkeit der Bewegung der Erde abgeleitet. Allein sollte sich diese Bewegung nicht eben so gut auch an den Fixsternen zeigen?

§. 61. (Tägliche Parallaxe der Gestirne). Sey C (Fig. 11) der Mittelpunkt der Erde, dessen höchsten Punkt A der Beobachter einnimmt, der den Mond L eben aufgehen sieht, so daß also die Gerade LA den Horizont des Beobachters bezeichnet und daher der Winkel LAC ein rechter Winkel ist. Verlängert man die Gesichtslinie AL des Beobachters bis an die hier als unendlich weit vorausgesetzte Sphäre des Himmels, so wird der Beobachter A den Mond L bei dem Stern a erblicken, während ein Auge im Mittelpunkte C der Erde den Mond in der Geraden CL oder bei dem Stern c sehen würde. Der Winkel, welchen diese beiden Linien Aa und Cc in dem Punkte L bilden, heißt die Horizontalparallaxe des Mondes, und da, unserer Voraussetzung gemäß, die Linie La gegen LA als unendlich groß angenommen wird, so kann man den Mittelpunkt des Kreisbogens ac eben so gut in L als in C, oder auch in A annehmen, so daß also dieser Bogen ac als das Maß jenes Winkels aLc = ALC angesehen werden darf, oder daß man sagen kann, die Horizontalparallaxe des Mondes sey der Bogen ac, an dessen

Endpunkte der Mond von einem Beobachter im Mittelpunkte C der Erde, und von einem andern A auf der Oberfläche derselben gesehen wird, für welchen letzteren der Mond eben in seinem Horizonte steht.

Da dieser Winkel ALC durch den Halbmesser AC der Erde begränzt wird, der auf der Seite AL senkrecht steht, so kann man auch sagen, daß die Horizontalparallaxe des Mondes derjenige Winkel ist, unter welchem einem Auge L in dem Mittelpunkte des Mondes der auf dessen Gesichtslinie LA senkrecht stehende Halbmesser AC der Erde erscheinen würde. Wir werden bald sehen, auf welche Art man diese Parallaxe der Gestirne durch Beobachtungen bestimmen, und wie man aus der einmal bekannten Parallaxe auch die Entfernung, und selbst die Größe der Gestirne von der Erde ableiten kann. Da die Messung dieser Gegenstände, in ihrer Distanz von uns sowohl, als auch in ihrer absoluten Größe dieser Gegenstände, zu welchen man mit keinem Maßstabe kommen kann, und die so weit von uns abstehen, ohne Zweifel zu den interessantesten Gegenständen der Astronomie gehört, so wird es nicht unangemessen seyn, hier etwas länger bei ihnen zu verweilen.

§. 62. (Bestimmung unzugänglicher Punkte und Linien auf der Oberfläche der Erde). Das Verfahren, dessen sich die Astronomen bedienen, die Distanzen der Gestirne von der Erde zu finden, ist dasselbe, welches unsere Geodäten und Feldmesser bei ihren terrestrischen Vermessungen anwenden, und beide sind auf dieselben einfachen Sätze der Geometrie gegründet, durch welche man in einem Dreiecke aus den durch Beobachtung oder unmittelbare Messung bekannten Seiten und Winkeln die übrigen Theile des Dreiecks findet.

I. Sey z. B. ein Gegenstand C (Fig. 6) auf dem Felde gegeben, zu welchem ein Beobachter, der sich in der Gegend der Linie BB′ aufhält, nicht kommen kann, weil er etwa durch einen Fluß oder einen unzugänglichen Sumpf von dem Gegenstande getrennt ist. Wenn er dessen ungeachtet die Entfernung desselben von ihm bestimmen will, so darf er nur in irgend einem Punkte D seiner Umgegend einen senkrechten Stab aufrichten, und dann auf dem Felde durch diesen Punkt D eine auf CD senkrechte

Linie DB von willkürlicher Länge abstecken. Mißt er dann die Länge dieser Linie DB mit dem Maßstabe oder mit der Meßkette, und mißt er noch, an dem Endpunkte B dieser Linie, mit irgend einem Winkelmesser, den Winkel CBD', welchen der Gegenstand C mit dem Stabe D in dem Auge B des Beobachters macht, so sind in dem bei D rechtwinkligen Dreiecke die Seite DB und der Winkel CBD bekannt, woraus sich dann sofort, durch eine sehr einfache trigonometrische Rechnung, auch die Seite DC oder BC, das heißt die gesuchte Entfernung des Gegenstandes C von dem in D aufgesteckten Stabe oder von dem Beobachter in B finden läßt. Es ist nämlich die Seite DC gleich der Seite BD, multiplicirt durch die Tangente des Winkels B, und eben so ist die Seite BC gleich der Seite BD, dividirt durch den Cosinus des Winkels B (Einl. §. 32). Gesetzt, man hätte die Linie BD gleich 100 Fuß, und den Winkel D gleich 30 Graden gemessen, so wird man $CD = 57{,}_{735}$, und $BC = 115{,}_{47}$ Fuß finden. Will man auch diese kleinen Rechnungen vermeiden, und das oben (§. 49. I.) erwähnte graphische Verfahren anwenden, so wird man in der Ebene einer Tafel, oder in der des Papiers, zwei auf einander senkrechte Linien errichten, die sich in einem Punkte d durchschneiden. Dann wird man mit einem, in sehr kleine Theile getheilten, Maßstabe auf der einen dieser senkrechten Linien, von dem Punkte d an, die Länge db gleich 100 solchen Theilen des Maßstabes nehmen, und in dem Endpunkte b dieser Linie, mit einem sogenannten Winkelmaße (Transporteur), den Winkel dbc gleich 30 Graden errichten, dessen Seite bc die andere der beiden senkrechten Linien in dem Punkte c schneidet. Dadurch hat man auf dem Papier ein kleines Dreieck bdc erhalten, welches dem großen BCD auf dem Felde ganz ähnlich ist. Mißt man dann mit dem Maßstabe die Seite dc und bc des kleinen Dreiecks, so wird man $dc = 57{,}_7$ und $bc = 115{,}_5$ Theile des Maßstabes finden; und da man bereits weiß, daß diese Theile des Stabes auf dem Felde Fuß bedeuten, so wird man sagen, daß auch in dem großen Dreiecke die Seite $DC = 57{,}_7$ und $BC = 115{,}_5$ Fuß betrage. Man sieht übrigens, daß es wohl am einfachsten, aber keineswegs nothwendig ist, für die erste Seite bc des kleinen Dreiecks genau eben so viele Theile

des Maßstabes zu nehmen, als man auf dem Felde für die Linien BC Fuß genommen hat. Hätte man z. B. die Seite bd nun gleich 20 Theilen des Maßstabes genommen, und dann, durch Auftragung desselben Winkels dbc von 30 Graden, das kleine Dreieck bcd construirt, so würde man mit dem Maßstabe die Seite cd = 11,$_{54}$ und bc = 23,$_{10}$ solcher Theile gefunden haben. Da man aber weiß, daß 20 Theile des Stabes 100 Fuß, d. h. daß ein Theil des Stabes 5 Fuß auf dem Felde bezeichne, so wird man auch diese Zahlen 11,$_{54}$ und 23,$_{10}$ fünfmal nehmen, um CD = 57,$_{7}$ und PC = 115,$_{5}$ Fuß zu erhalten, wie zuvor. Man pflegt das kleinere Dreieck bcd das **verjüngte** des großen Dreiecks BCD zu nennen. Beide Dreiecke haben dieselben Winkel, aber die Seiten des verjüngten Dreiecks sind alle in demselben Verhältnisse, z. B. 100 oder 1000mal kleiner, als die Seiten des geodätischen Dreiecks, dessen getreue Abbildung, im verjüngten Maßstabe, das kleinere Dreieck ist.

II. Um eben so die Höhe der Spitze B eines senkrechten Thurmes AB (Fig. 9) über dem Horizonte AC zu finden, messe man die horizontale Linie AC von dem Fußpunkte A des Thurmes bis zu irgend einem willkürlichen Punkte C und in diesem letzten Punkte den Winkel ACB. Dann ist die gesuchte Höhe AB gleich der gemessenen Seite AC, multiplicirt durch die Tangente des Winkels ACB. Ist z. B. AC = 50 Fuß und ACB = 80 Grade, so hat man für die gesuchte Höhe AB = 283,$_{56}$ Fuß, und dasselbe wird man auch durch das verjüngte Dreieck abc finden, dessen Winkel in a gleich 90 und in c gleich 80 Grade betragen.

Ist AC = 50 Fuß die Länge des Schattens des von der Sonne beschienenen Thurmes AB und beträgt zu derselben Zeit die Schattenlänge Ca eines 10 Fuß langen und senkrecht auf den Horizont gestellten Stabes ab 1,$_{763}$ Fuß, so kann das Dreieck abC selbst als das verjüngte des großen ABC angesehen werden und da sich die Höhe des Thurmes zu der des Stabes verhält, wie der Schatten des Thurmes zu dem des Stabes, so hat man die einfache Proportion

$$1,_{763} : 10 = 50 : AB,$$

woraus für die gesuchte Höhe des Thurmes folgt AB = 283,$_{56}$ F., wie zuvor.

Dieß setzt voraus, daß man von C bis zu dem Fußpunkte A des Thurmes kommen kann, um die Länge der Linie AC oder um den Schatten des Thurmes zu messen. Wenn dieß aber nicht angeht und der Beobachter z. B. durch einen Fluß von dem Thurme getrennt ist, so wird er von dem Punkte C aus in der Richtung nach dem Fußpunkte A eine gerade Linie CD als Basis und an ihren beiden Endpunkten C und D die Winkel ACB und ADB messen. Dadurch wird er in den Stand gesetzt, das verjüngte Dreieck bcd zu construiren und dadurch die Länge der Linie BC zu finden. Kennt er aber BC und den anliegenden Winkel ACB, so wird er das verjüngte in a rechtwinkelige Dreieck abc construiren und daraus die Seite ab, also auch die gesuchte Höhe AB des Thurmes finden.

III. Bestimmen wir nun noch die horizontale Distanz AB (Fig. 10) der beiden Punkte A und B, zu deren keinem man unmittelbar mit dem Maßstabe gelangen kann.

Zu diesem Zwecke wird man in derselben horizontalen Ebene, in welcher die Linie AB liegt, die Länge irgend einer willkürlichen Standlinie CD mit einer Meßkette und überdieß, an den beiden Endpunkten C und D dieser Basis, die einen Winkel ACB, BCD und BDC, ADC mit dem Winkelmesser bestimmen. Dieß vorausgesetzt, wird man auf der Ebene des Papiers das verjüngte Dreieck acd verzeichnen, da man zwei Winkel und die ihnen anliegende Seite cd kennt. An dieser Seite cd wird man eben so das verjüngte Dreieck bcd verzeichnen, dessen zwei Winkel mit derselben anliegenden Seite cd ebenfalls bekannt sind. Durch diese Construktion der beiden Dreiecke acd und bcd sind aber auch die beiden Punkte a und b in der Ebene der Tafel gegeben, deren Distanz ab man daher nur mit dem zur Construktion der Basis cd gebrauchten Maßstabe zu messen braucht, um sofort den gesuchten Abstand der beiden Punkte A und B auf dem Felde zu erhalten.

IV. Das Vorhergehende wird mehr als hinreichen, uns von den Messungen der Distanzen solcher Körper, die uns wegen ihrer zu großen Distanz ganz unzugänglich sind, einen deutlichen Begriff zu geben. Wir bemerken nur noch, daß diese Bestimmungen dieser Distanzen, da sie nicht durch unmittelbare Messungen, sondern erst durch Schlüsse oder durch Rechnungen oder, was im Grunde dasselbe

ist, durch graphische Verzeichnungen, die auf jene Messungen gegründet sind, erhalten werden, im Allgemeinen desto genauer seyn müssen, je zuverläßiger jene vorhergegangenen Messungen sind, und daß man z. B. in den beiden letzten Aufgaben die Höhe des Thurmes AB (Fig. 9) oder die Distanz der beiden Punkte A und B (Fig. 10) mit einer um so größeren Genauigkeit erhalten wird, je größer die den beiden erwähnten Verfahren zu Grunde liegende Basis CD ist. Wenn nämlich diese Grundlinie CD in Beziehung auf die Distanzen AC, BD sehr klein ist, so werden auch die an den Endpunkten C und D gemessenen Winkel nur sehr wenig von einander verschieden seyn, und dann wird der geringste, oft ganz unvermeidliche Fehler, den man entweder in der Messung dieser Grundlinie oder auch in der Beobachtung jener Winkel begangen hat, schon einen sehr nachtheiligen Einfluß auf die daraus abgeleitete Größe AB haben. In der Geodäsie hängt die Wahl der Lage und der Größe dieser Standlinie CD meistens von uns ab, nicht so aber ist es in der Astronomie, weil es da geschehen kann, daß die Distanzen der himmlischen Körper von der Erde so ungemein groß seyn, daß auch die größten Grundlinien, die wir auf der Erde selbst noch ziehen können, gegen jene Distanzen sehr klein und beinahe als verschwindend betrachtet werden müssen, so daß also diese Distanzen selbst in jenen Fällen nicht mehr mit der hier wünschenswerthen Schärfe bestimmt werden können.

Wir wollen daher sogleich zu der Anwendung des Vorhergehenden auf die Körper des Himmels übergehen und zuerst sehen, wie man, wenn die Horizontalparallaxe derselben (§. 61) als bekannt vorausgesetzt wird, daraus die Entfernung dieser Körper von uns oder von dem Mittelpunkte der Erde ableiten kann. Dieß wird keine weiteren Schwierigkeiten darbieten, da es bloß als eine Wiederholung des in §. 62. I. Gesagten betrachtet werden kann. Allein dann wird noch die Frage zu beantworten seyn, auf welche Weise man durch astronomische Beobachtungen zur Kenntniß jener Parallaxe der Gestirne kommen kann. Wir wollen diese Gegenstände in den beiden nun folgenden Abschnitten näher betrachten.

§. 63. (Wie man die Entfernung des Gestirns aus der bekannten Parallaxe desselben findet.) Man sieht von selbst, daß, wenn man durch irgend eine Beobachtung dahin gelangt ist, die

Parallaxe des Mondes (§. 61) zu finden, man dadurch auch schon die Entfernung desselben von dem Mittelpunkte der Erde gefunden hat. Da man nämlich in dem bei A rechtwinkeligen Dreiecke ACL (Fig. 11) den Winkel ALC oder die Parallaxe des Mondes und die Seite AC oder den Halbmesser der Erde kennt, der (nach §. 4) 859,₃ d. Meilen beträgt, so wird man nur das Dreieck ACL nach den bekannten Vorschriften der ebenen Trigonometrie, oder auch nach dem oben (§. 49. I) vorgetragenen graphischen Verfahren auflösen, um daraus die gesuchte Entfernung LC des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde zu finden. Die erwähnten Beobachtungen gaben den Winkel ALC oder die Horizontalparallaxe des Mondes nahe gleich einem Grade, woraus daher folgt, daß die Entfernung LC desselben von dem Mittelpunkte der Erde 49.236 Meilen beträgt. Man sieht, daß dieß ganz dasselbe Verfahren mit dem in §. 62. I. vorgetragenen ist, wenn nämlich in dem Dreiecke BCD (Fig. 6) B den Mittelpunkt, BD den Halbmesser der Erde, D den Beobachter und C das Gestirn, also der Winkel BCD = 90 — CBD die Horizontalparallaxe des Gestirns bezeichnet.

§. 64. (Wie die Parallaxe durch Beobachtungen bestimmt wird.) Es wird aber leicht seyn, sich mehrere Arten von Beobachtungen vorzustellen, durch die man die Parallaxe des Mondes finden kann. Sucht man z. B. denjenigen Ort A′ der Oberfläche der Erde, der den Mond L′ in demselben Augenblicke in seinem Zenithe (Einl. §. 8), das heißt, in der Verlängerung seines Erdhalbmessers CA′ sieht, während ein anderer Ort A den Mond in seinem Horizonte AL erblickt, so werden sich zwei Beobachter, die sich zu diesem Zwecke verabredet haben, nach den Punkten A und A′ begeben. Mißt dann jeder von ihnen in dem entsprechenden Augenblicke die Distanz Ma und Mc des Mondes von irgend einem benachbarten Fixsterne M, so wird die Differenz ac dieser scheinbaren Distanzen die gesuchte Horizontalparallaxe des Mondes seyn.

Da es vielleicht schwer seyn würde, diese beiden Orte der Erde mit der hier nöthigen Genauigkeit auszuwählen, und da überhaupt alle Beobachtungen der Gestirne in der Nähe des Horizonts sehr unsicher sind, wovon wir die Ursache später sehen werden, so wollen wir die Parallaxe der Gestirne noch auf eine an=

dere Art zu bestimmen suchen. Sey C (Fig. 12) der Mittelpunkt und N N' der Nord- und Südpol der Erde. Die beiden Beobachter A und A' sollen zu beiden Seiten des Aequators und in demselben Meridian NAA' N' liegen, so daß daher der Mond L für beide zu derselben Zeit culminirt. Nehmen wir an, daß beide die Zenithdistanzen des Mondes zur Zeit seiner Culmination beobachtet haben. Diese Zenithdistanzen sind die Winkel LAZ und LA' Z', welche die Gesichtslinien LA und LA' mit den verlängerten Erdhalbmessern CA und CA' bilden. Da diese beiden Winkel durch die unmittelbare Beobachtung der Zenithdistanzen des Mondes bekannt sind, so sind also auch die beiden an A und A' liegenden inneren Winkel des Vierecks LACA' bekannt.

Wenn nun der Mond L in Beziehung auf den Halbmesser AC der Erde unendlich weit entfernt wäre, so würde er keine merkbare Parallaxe haben, oder man würde ihn an demselben Orte des Himmels sehen, man mag ihn aus dem Punkte A oder A' der Oberfläche der Erde oder aus dem Mittelpunkte C derselben beobachten, d. h. die beiden Zenithdistanzen ZAL und Z' A' L würden den beiden Winkeln ZCL und Z'CL am Mittelpunkte der Erde, also würde auch die Summe jener Zenithdistanzen gleich der Summe dieser Winkel oder gleich dem Winkel ACA' seyn, welchen die beiden Erdhalbmesser im Mittelpunkte der Erde machen. Dieser Winkel ACA' ist aber gleich der Summe der geographischen Breite (Einl. §. 18. II. §. 23) der beiden Beobachter und daher ebenfalls eine gegebene Größe, wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Breiten der Beobachtungsorte A und A' gegeben sind. Demnach ist also auch der Winkel ACA' in dem Vierecke LACA' bekannt, woraus sofort folgt, daß auch der vierte Winkel ALA' desselben Vierecks bekannt ist, da die vier Winkel eines jeden Vierecks immer vier rechten gleich, und da drei derselben schon bekannt sind. Auch sieht man schon aus dem bloßen Anblicke der Figur, daß in dem Dreiecke ACL die beobachtete Zenithdistanz LAZ der äußere Winkel ist, der bekanntlich den beiden inneren entgegengesetzten ALC und ACL zusammen genommen gleich ist, so daß also der Winkel ALA' am Monde gleich ist der Summe der beiden Zenithdistanzen weniger der Summe der beiden geographischen Breiten. Da sonach in dem Vierecke ACA'L alle Winkel und überdieß

noch die zwei gleichen Seiten AC und A′C, die den Halbmesser der Erde ausdrücken, bekannt sind, so wird man dadurch noch das ganze Viereck nach (§. 49. I) auflösen und die Entfernung des Mondes von den beiden Beobachtern bestimmen können.

Kennt man aber so den Winkel ALA′ am Mittelpunkte des Mondes, so findet man daraus leicht die Horizontalparallaxe des Mondes für die Zeit der Beobachtung, da sie gleich ist jenem Winkel ALA′ dividirt durch die Summe der Sinus (Einl. §. 32) der beiden beobachteten Zenithdistanzen.

Sollten die beiden Beobachter nicht genau in demselben Meridian seyn, eine Bedingung, die nicht leicht zu erhalten ist, so wird es genügen, wenn ihre Meridiane, d. h. wenn ihre geographischen Längen nur eben nicht viel von einander verschieden sind. Dann werden nämlich die beiden beobachteten mittägigen Zenithdistanzen nicht mehr gleichzeitig seyn, was doch Statt haben muß, wenn die Methode überhaupt noch anwendbar seyn soll. Allein man kann entweder aus den Mondstafeln oder auch aus den an den vorhergehenden und nachfolgenden Tafeln beobachteten Mittagshöhen des Mondes leicht die kleine Höhenänderung desselben ableiten, die der kurzen Zwischenzeit jener beiden Culminationen entspricht und dadurch die beobachteten Zenithdistanzen auf gleichzeitige oder auf solche bringen, die in demselben Augenblicke Statt gehabt hätten. Je weniger die Meridiane der beiden Orte von einander verschieden sind, desto kleiner, desto sicherer wird also auch jene Reduction seyn. Umgekehrt aber wird man, wie es für sich klar ist, die Distanz der Parallelkreise AA′ oder die Differenz der geographischen Breiten der Beobachter so groß als möglich nehmen, um die Parallaxe des Gestirns mit der größtmöglichen Sicherheit zu bestimmen. Endlich wird diese Bestimmung im Allgemeinen desto genauer seyn, je kleiner die Distanz LC des Gestirns von dem Mittelpunkte der Erde, oder mit anderen Worten, je größer die gesuchte Horizontalparallaxe desselben ist, da für sehr weit entfernte Gestirne die Zenithdistanz ZAL dem geometrischen Winkel ZCL sehr nahe gleich ist, so daß schon der geringste Fehler in diesen Zenithdistanzen, oder auch in den geographischen Breiten der Beobachtungsorte, den sehr kleinen Winkel ALA′ sehr entstellen und endlich die ganze Methode unbrauchbar

machen würde, wie dieß z. B. bei der Sonne schon sehr nahe der Fall ist, da ihre Horizontalparallaxe nur 8,58 Secunden beträgt.

Ja für die der Erde sehr nahen Gestirne, wie z. B. für den Mond, wird man selbst diese Correspondenz eines zweiten Beobachters entbehren und die Parallaxe schon durch einen einzelnen Beobachter bestimmen können, ohne daß dieser genöthigt wäre, seine Stelle auf der Oberfläche der Erde zu verlassen. Wenn nämlich der Mond L (Fig. 9) für den Beobachter in A aufgeht, so sieht er ihn bei dem Sterne a, während ihn ein Beobachter im Mittelpunkte C der Erde bei dem Sterne c sehen würde, so daß, wie gesagt, ac die Horizontalparallaxe des Mondes ist. Allein der Beobachter kennt den Stern noch nicht, bei dem der Mond, von C gesehen, erscheinen würde, also ist ihm auch dieser Bogen ac noch unbekannt. Allein in sechs Stunden später, wo der Mond durch das Zenith Z, oder doch durch den Meridian desselben Beobachters A geht, fallen die beiden Linien LA und LC zusammen, nämlich beide auf die Linie CAZ und nun sieht der Beobachter in A, so wie der in C, den Mond bei demselben Stern c, dessen Distanz von a man daher nur zu messen braucht, um die gesuchte Horizontalparallaxe ac des Monds zu erhalten. Noch besser wird es seyn, den Mond bei seinem Aufgange und bei seinem darauf folgenden Untergange zu beobachten, weil man auf diese Weise die doppelte Horizontalparallaxe erhält und kleinere Fehler der Beobachtungen, die man nie ganz vermeiden kann, einen geringeren Einfluß auf das gesuchte Resultat liefern.

So wie nämlich der Winkel CLA, wo das Gestirn L im Horizonte AL des Beobachters ist, die Horizontalparallaxe des Gestirns heißt, so heißt auch der Winkel CL'A, wo das Gestirn L' von dem Beobachter in A in der Höhe LAL' über seinem Horizonte (s. Einl.) gesehen wird, die Höhenparallaxe des Gestirns, die immer kleiner wird, je größer die Höhe LA'L' des Gestirns ist, bis sie endlich im Zenithe, wo die Höhe gleich 90° wird, völlig verschwindet. Man sieht leicht, daß die Höhenparallaxe eines Gestirns gleich ist der Horizontalparallaxe multiplicirt durch den Cosinus (Einl. §. 32) der Höhe desselben.

§. 65. (Wie die Größe der Gestirne gefunden wird.) Wir haben oben (§. 62) gezeigt, wie man, wenn die Horizontalparallaxe

eines Gestirns bekannt ist, die Entfernung desselben von der Erde finden kann. Nimmt man nämlich den Halbmesser der Erde zu 859,₃ Meilen (§. 4) an, so findet man die Entfernung des Mittelpunkts des Gestirns von dem der Erde, wenn man diese Zahl 859,₃ durch den Sinus (Einl. §. 32) der Horizontalparallaxe dividirt, oder kürzer, wenn man die Zahl 177.243.000 durch die Horizontalparallaxe selbst dividirt. Für die Sonne z. B. hat man, wie wir bereits oben gesagt haben, die Horizontalparallaxe 8″,₅₈, also ist die Entfernung derselben von dem Mittelpunkte der Erde gleich 20.657.700 Meilen.

Der Planet Venus, der unter der Benennung des Morgen- und Abendsterns bekannt ist, erscheint uns in seinem Durchmesser von sehr verschiedener Größe, woraus folgt, daß seine Entfernung von der Erde ebenfalls sehr verschieden seyn müsse. Wenn er uns am nächsten steht, oder wenn er am größten erscheint, beträgt seine Horizontalparallaxe 34″,₅₈, woraus, wie zuvor, folgt, daß er zu dieser Zeit 5.125.600 M. von uns entfernt ist. In seinem größten Abstande von der Erde aber ist seine Horizontalparallaxe nur 5″,₀₆ und daher seine Entfernung 35.028.000 Meilen.

Kennt man aber einmal die Entfernung eines Gestirns von der Erde, so darf man sie nur durch den Sinus des scheinbaren Halbmessers desselben multipliciren, um sofort auch den wahren Halbmesser des Gestirns zu erhalten. Der scheinbare Halbmesser aber ist die Hälfte des Winkels, z. B. in Secunden ausgedrückt, unter welchem uns der Durchmesser des Gestirns erscheint, während der wahre Halbmesser desselben den Abstand des Mittelpunkts des Gestirns, z. B. in Meilen ausgedrückt, von jedem anderen Punkte seiner sphärischen Oberfläche bezeichnet. Kennt man aber den wahren Halbmesser einer Kugel, so findet man daraus, nach den in §. 5 aufgestellten Formeln, auch die Oberfläche und den körperlichen Inhalt desselben, jenen in Quadrat- und diesen in Kubikmeilen. Um endlich bei diesen kleinen Rechnungen die Sinus gänzlich zu vermeiden, kann man auch sagen, daß der wahre Halbmesser eines Gestirns gleich ist der Zahl 859,₃ multiplicirt durch den scheinbaren Halbmesser und dividirt durch die Horizontalparallaxe des Gestirns.

So hat man für die Sonne den scheinbaren Halbmesser 961″

und die Horizontalparallaxe 8″,₅₈, also ist der wahre Halbmesser der Sonne 96.246 Meilen, oder nahe 112mal größer als der Halbmesser der Erde. Da sich nun die Oberfläche der Kugeln wie die Quadrate, und die körperlichen Inhalte derselben wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so folgt, daß die Oberfläche der Sonne 12.544mal größer ist, als die der Erde, und daß das Volumen der Sonne 1.404.928 mal größer ist, als das der Erde, oder daß man aus der Sonne gegen $1\frac{1}{2}$ Millionen solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, bilden könnte.

Wendet man endlich dieselben kleinen Berechnungen auf die Venus an, deren scheinbarer Halbmesser in ihrer größten Nähe 32″,₈ und in ihrer größten Entfernung 4″,₈ ist, so findet man für den wahren Halbmesser der Venus 815 Meilen, woraus folgt, daß dieser Planet nur wenig kleiner ist, als unsere Erde.

§. 66. (Genauigkeit der vorhergehenden Bestimmungen.) Die vorhergehenden Bestimmungen der Entfernung sowohl, als auch die der absoluten Größe der Gestirne beruhen, wie man sieht, auf den Winkeln, welche die scheinbaren Halbmesser und die Horizontalparallaxe dieser Gestirne ausdrücken. Je genauer diese Winkel gemessen werden können, desto genauer werden auch im Allgemeinen die daraus durch Rechnung abgeleiteten Resultate für die Entfernung und die Größe der Gestirne seyn. Eine besondere Sorgfalt wird man aber auf die genaueste Bestimmung der Horizontalparallaxe vorzüglich in denjenigen Fällen wenden, wo diese Parallaxe, wie bei der Sonne, selbst nur sehr klein ist. Denn da, nach dem Vorhergehenden, der Bruch, der die Entfernung sowohl, als die absolute Größe ausdrückt, zu seinem Nenner diese Parallaxe hat, so wird der geringste Fehler in der letzten auf die Entfernung sowohl, als auf den wahren Halbmesser des Gestirns schon einen sehr ungünstigen Einfluß äußern. Wäre z. B. die Horizontalparallaxe der Sonne um eine Secunde größer, also 9″,₅₈, so würde der wahre Halbmesser derselben 86.200, also über 10.046 Meilen kleiner als früher, und die Entfernung derselben von der Erde 18.501.000, oder über 2 Millionen Meilen kleiner als zuvor gefunden werden. Besonders wichtig wird diese Bestimmung der Sonnenparallaxe seyn, weil sie, wie wir später sehen werden, auf die genaue Kenntniß der Dimensionen unseres

ganzen Planetensystems den wichtigsten Einfluß hat, und weil sie, oder was dasselbe ist, die aus ihr abgeleitete Entfernung der Sonne von der Erde, gleichsam der Maßstab ist, mit welchem wir alle übrigen Distanzen der Himmelskörper auszumessen pflegen. Wir werden daher weiter unten die Leser noch mit einem andern Mittel bekannt zu machen suchen, diese Parallaxe der Sonne mit der größten Schärfe zu bestimmen. Uebrigens würde man aus diesen großen Unterschieden mit Unrecht folgern, daß wir die Entfernungen aller Körper unseres Planetensystems nur sehr unvollkommen kennen, da jene großen Differenzen nur für die von uns sehr entfernten, nicht aber auch für die näheren Gestirne Statt haben. Für den Mond z. B. findet man, wenn man die Horizontalparallaxen gleich einem Grad voraussetzt, die Entfernung desselben gleich 49.236 Meilen. Ist aber die Horizontalparallaxe desselben gleich 1° 0′ 1″, so ist die Entfernung gleich 49.223 M. Sind wir also über die Horizontalparallaxe des Mondes eine Secunde ungewiß, so heißt dieß, daß wir über die Entfernung desselben nur über 13 M. oder über den 3800sten Theil der ganzen Distanz ungewiß sind. Es ist aber sehr zweifelhaft, ob wir die Distanz der vorzüglichsten Städte der Erde auf ihren 3800sten Theil genau kennen und dann darf man allerdings sagen, daß die Astronomen die Wege am Himmel besser wissen, als unsere Geographen auf der Erde.

I. Was nun überhaupt unsere Messungen der Winkel zwischen den Gestirnen des Himmels betrifft, so wollen wir bemerken, daß die Kreise unserer besten neueren Instrumente von zwei zu zwei Secunden getheilt sind, und daß man in den meisten Fällen, wenn man mit der gehörigen Umsicht zu Werke geht und die Beobachtungen unter günstigen Umständen wiederholt, jeden Winkel bis auf eine Secunde, d. h. also, bis auf den 1.296.000sten Theil der Peripherie des Kreises genau erhalten kann. Mißt man mit einem solchen Instrumente den Winkel eines Gegenstandes, der eine d. Meile oder 22841,$_8$ Par. Fuß von dem Mittelpunkte des Instruments entfernt ist, und beträgt der Fehler des beobachteten Winkels eine Secunde, so beträgt dieser Fehler in dem Gegenstande selbst einen Fehler von 0,$_{1107}$ Fuß, um welchen derselbe in seinem Durchmesser zu klein oder zu groß gefunden würde. Für

eine Entfernung von 100 oder 1000 M. würde dieser Fehler von einer Secunde $11{,}_{07}$ oder $110{,}_{74}$ Fuß u. s. w. Kurz, er würde immer den $0{,}_{00000484811}$sten Theil der Entfernung des Gegenstandes von dem Beobachter betragen. Für den Mond, dessen Entfernung 49.200 M. ist, würde dieser Fehler nahe zwei Zehntel einer Meile, für die Sonne aber, die 20½ Millionen M. von uns absteht, würde dieser Fehler schon nahe 100 M. ausmachen, über die wir z. B. in dem wahren Halbmesser der Sonne unsicher sind, wenn der Fehler unserer Beobachtung des scheinbaren Halbmessers derselben eine Secunde beträgt. Uebrigens ist eine Secunde, am Himmel gesehen, nur eine sehr kleine Größe, und wohl nur durch unsere besseren Fernröhre mit einiger Sicherheit zu messen, da der Durchmesser der Sonne nahe 2000 Secunden und der des Saturns, ohne seinen Ring, so klein er uns auch erscheint, schon volle 18 Secunden, d. h., so viel und mehr beträgt, als ein gewöhnliches Menschenhaar mit seiner Breite am Himmel bedecken würde, wenn es in der Entfernung vom Auge, wo es am reinsten und deutlichsten erscheint, gehalten wird.

II. Um dieselbe Sache noch von einer anderen, unserem Zwecke mehr angemessenen Seite darzustellen, so können wir, der vorhergehenden Voraussetzung gemäß, mittelst unserer Instrumente und der an sie angebrachten Fernröhre den Durchmesser eines Gegenstandes noch bemerken und selbst an unserem Instrumente messen, wenn derselbe in unserem durch das Fernrohr bewaffneten Auge einen Winkel von einer Secunde einnimmt, oder was dasselbe ist, wenn dieser Durchmesser nur den $0{,}_{00000484813}$sten Theil, oder nahe den zweimalhunderttausendsten Theil der Entfernung des Gegenstandes von unserem Auge beträgt. Also werden wir auch in dem scheinbaren Durchmesser dieses Gegenstandes schon eine Aenderung, und zwar von einer Secunde, bemerken, wenn wir den Standpunkt unseres Auges, oder wenn wir den Mittelpunkt unseres Instrumentes, senkrecht auf die Gesichtslinie, um eine Linie verrücken, die nur den 200.000sten Theil jener Entfernung des Gegenstandes von uns ausmacht, und wenn wir, bei einer solchen Verrückung des Auges, keine Aenderung an dem scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes bemerken sollten, so werden wir daraus den Schluß

ziehen, daß er noch weiter von uns entfernt seyn muß, als diese Verrückung des Auges, 200.000mal genommen, beträgt.

Nehmen wir z. B. an, der Mittelpunkt unseres Instruments sey in der Peripherie des Kreises AA' (Fig. 13), und zwar zuerst in dem Punkte A aufgestellt, und man habe damit den Winkel VAm des Gegenstandes m mit der fixen Linie AV gemessen. Es sey nun AA' ein Bogen von 90 Graden und die Linie A'V' mit AV parallel. Wenn der Halbmesser CA oder CA' des Kreises fünf Fuß und die Distanz Cm des Gegenstandes eine Million Füße oder nahe 44 M. beträgt, so werden wir, wenn wir von A nach A' gehen, wo der Halbmesser A'C senkrecht auf die erste Gesichtslinie CAm steht, mit unbewaffnetem Auge und ohne Instrument keine, auch nicht die geringsten Aenderung in dem scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes mn bemerken, oder die Winkel VAm und V'A'm werden uns vollkommen gleich erscheinen. Mit unserem Instrumente aber werden wir, wenn wir den Mittelpunkt desselben in B aufstellen, den Unterschied dieser Winkel, da er in der That eine Secunde beträgt, schon bemerken können.

III. Dieß ist demnach einer von den vielen Fällen, die so oft in der Astronomie vorkommen, wo uns genaue Messungen, die wir mit Hilfe eines guten Instruments angestellt haben, in eine sehr vortheilhafte und von jener ganz verschiedene Lage versetzen, mit welcher wir uns, ohne den Beistand dieser Instrumente und bloß unseren Sinnen vertrauend, begnügen müßten. Durch die Unterstützung dieser Instrumente, durch den vollkommenen Bau und die genaue Eintheilung der Kreise sowohl, als auch durch die Vorzüglichkeit der Fernröhre, die beide durch die Künstler unserer Zeit zu einem so hohen Grade der Vollendung gebracht worden sind, ist es uns möglich geworden, Gegenstände, von welchen unsere Vorfahren keine Ahnung haben konnten, nicht bloß zu sehen, sondern förmlich zu beobachten, einer genauen Messung zu unterwerfen, darauf mit Sicherheit weitere Schlüsse zu bauen und auf diesem Wege die Natur um die so lange vor uns verborgenen Geheimnisse zu befragen. Aber, so weit wir auch auf dieser Bahn vorgedrungen sind, und so sehr sich, durch die Vervollkommnung jener mechanischen Hilfsmittel sowohl, als auch durch die Vollendung der mathematischen Analyse, dieses wundervollen Instrumentes

unseres geistigen Auges, so sehr sich auch durch diese vielfache Hilfe der Kreis unserer Kenntnisse der Natur und ihrer Gesetze erweitert haben mag — noch liegt ein großer Theil dieses unabsehbaren Feldes unerforscht und in Dunkel gehüllt vor uns, und unseren glücklicheren Nachkommen wird es aufbehalten seyn, die uns unübersteiglichen Hindernisse zu besiegen, die Gränzen der erhabenen Wissenschaft zu erweitern und den, in Betracht des noch Unbekannten, gewiß nur sehr kleinen Schatz von Kenntnissen, den wir ihnen mit Vertrauen als ihr bestes Erbe hinterlassen, durch Fleiß und Einsicht und durch neue Verbesserungen ihrer Hilfsmittel zu vermehren. Wir werden sogleich sehen, wo und wie sehr es uns noch fehlt, wie viel uns noch zu wünschen übrig ist und wie beschränkt unsere Kenntnisse selbst in derjenigen Wissenschaft sind, in welcher der menschliche Geist weiter, als in jeder anderen, vorgedrungen ist.

§. 67. (Entfernung und Größe der Fixsterne.) Wir haben oben (§. 64) die Mittel vorgetragen, die Horizontalparallaxe der Gestirne durch Beobachtungen zu bestimmen und sie auch auf einige Körper unseres Planetensystems, auf den Mond, die Venus und die Sonne angewendet. Allein diese Körper sind uns alle, wenn sie gleich durch Tausende, ja selbst durch Millionen Meilen von uns getrennt sind, doch immer noch für nahe, wenigstens für so nahe zu achten, daß der Halbmesser unserer Erde, in Beziehung auf die Distanz jener Körper, nicht mehr als ein verschwindender Punkt angesehen werden darf, wenigstens nicht mehr für die besten unserer Instrumente, mit welchen wir noch, wie wir oben angenommen haben, die gewiß sehr kleine und unseren unbewaffneten Augen ganz unmerkliche Größe von einer Secunde deutlich unterscheiden können. Für den entferntesten Körper unseres Systems, für den Planeten Uranus, beträgt diese Horizontalparallaxe, selbst wenn sie am größten ist, nur $0,_{47}$ einer Secunde, und sie ist daher bereits so klein, daß wir sie, ungeachtet der großen Vollkommenheit unserer neueren Instrumente, nicht mehr bemerken würden. Auch ist sie uns nicht durch Beobachtungen der Art, wie sie in §. 64 auseinander gesetzt werden, erhalten worden. Aber nach dem oben (§. 58) angeführten Gesetze Keplers und der bekannten Umlaufszeit des Uranus um die Sonne, der 30.689 Tage

beträgt, findet man, daß seine kleinste Entfernung von der Erde 376 Millionen Meilen beträgt. Dividirt man also den Halbmesser der Erde von 859 M. durch 376 Millionen, so erhält man den Sinus der Horizontalparallaxe dieser entferntesten aller Planeten, die also, auf diesem Wege, gleich 0'',47 gefunden wird.

Allein dieser Weg ist uns für die Fixsterne verschlossen, da diese nicht, wie die Planeten, für welche allein jenes Gesetz gilt, sich um die Sonne bewegen. Daß aber diese Fixsterne noch weiter, als jener Planet, von uns entfernt seyn müssen, folgt schon daraus, weil wir diesen Planeten, so oft er an einem jener Sterne nahe vorbei geht, sie bedecken sehen, während man noch nie einen Stern auf der Scheibe des Planeten, oder während man noch nie den Planeten von einem jener Sterne bedeckt gesehen hat.

Da nun die Parallaxe des Uranus bereits so klein ist, daß sie selbst für unsere besten Instrumente als ganz unmerkbar betrachtet werden muß, so würde es eine vergebene Mühe seyn, die Parallaxe, also auch die Entfernung der noch viel weiter entfernten Fixsterne durch eine der oben angeführten Methoden kennen lernen zu wollen.

Wir haben oben (§. 62. IV) gesehen, daß bei diesen Methoden, die Parallaxe zu bestimmen, alles auf die Größe der Basis oder der Grundlinie ankömmt, von welchen die ganze Messung abhängt, und daß das Resultat im Allgemeinen desto genauer seyn wird, je größer diese Basis ist. Allein die größte dieser Grundlinien, die wir auf der Erde erhalten können, ist der Halbmesser, oder, wenn man das Doppelte dieser Parallaxe sucht, der Durchmesser der Erde, d. h. eine gerade Linie von 1718,6 M. Diese Größe, die nahe zehnmal größer ist, als die Distanz von Wien nach Paris, ist daher gegen die Distanz der Fixsterne von uns nur als ein unmerklicher Punkt zu betrachten, und wir haben, so lange uns keine andere Standlinie, als der Halbmesser der Erde ist, gegeben wird, durchaus kein Mittel, die Entfernung derjenigen Himmelskörper zu bestimmen, die mehr als 177 Millionen Meilen von uns abstehen, da für diesen Abstand die Horizontalparallaxe bereits eine Secunde oder den kleinsten Theil des Winkels beträgt, den wir mit unseren vollkommensten Instrumenten noch sehen können. Ein Gestirn, welches eine Billion Meilen von

uns entfernt ist, würde eine Parallaxe von 0,0002 einer Secunde oder eine so geringe Größe haben, daß sie wohl nie für ein menschliches Auge bemerkbar seyn wird, welches auch die Verbesserungen seyn mögen, deren in der Folgezeit unsere Instrumente sich noch erfreuen können.

§. 68. (Jährliche Parallaxe der Fixsterne.) Wenn aber die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne, die wir in dem vorhergehenden Kapitel betrachtet, und aus den dort angeführten Gründen bereits sehr wahrscheinlich gefunden haben, in der That wahr seyn sollte, so würde uns dadurch zugleich nicht nur die gewünschte größere Basis, sondern auch noch zugleich einer der schönsten Beweise für diese jährliche Bewegung der Erde selbst gegeben seyn. Denn, wenn die Erde sich in der That in jedem Jahre in einem Kreise bewegt, dessen Halbmesser gleich der Entfernung derselben von der Sonne oder gleich 20.658.000 M. ist, so werden wir uns auf diesem unserem Weltschiffe am Ende eines jeden halben Jahres an einer Stelle des Himmels befinden, die über 41 Millionen Meilen von dem Punkte entfernt ist, wo sich die Erde am Anfange jenes Semesters befand, und eine so gewaltige Entfernung wird ohne Zweifel auf die, aus diesen beiden Stellungen der Erde sichtbaren Gestirne und ihre Lage am Himmel, einen sehr deutlichen Einfluß äußern. Dadurch wäre uns also ein ganz anderer Maßstab, die Räume des Universums auszumessen, gegeben, der gegen 24.000mal größer ist, als jener erste, und für den daher auch wohl jene kleinen Winkel, die in Beziehung auf den Halbmesser der Erde für unsere Sinne gänzlich verschwinden, da sie nun nahe in demselben Verhältnisse oder 24.000mal vergrößert werden, sich unseren Beobachtungen nicht weiter entziehen werden. Wir wollen diesen glücklichen Umstand, in welchen uns die Bewegung unserer Erde versetzt, und durch welchen unser Gesichtskreis am Himmel so bedeutend erweitert werden soll, sogleich näher betrachten.

Zuerst wird es zweckmäßig seyn, sich von der eigentlichen Größe dieser neuen Standlinie von 41 Millionen Meilen einen uns angemessenen sinnlichen Begriff zu machen zu suchen. Sie ist nahe 100.000 mal größer als die Entfernung Wiens von Paris. Sie verhält sich zu einer Meile, wie die Zeit von einem Jahre

und 329 ½ Tagen zu einer Secunde. Die schnellsten unserer englischen Rennpferde legen in einer Secunde 50 Par. Fuß zurück. Ein solches Pferd würde, um den Durchmesser der Erdbahn von 41 Millionen Meilen zurückzulegen, volle 594 Jahre brauchen. Die größte Geschwindigkeit eines leichtsegelnden Schiffs, die man bisher bemerkt hat, ist unter den günstigsten Umständen von Wind und Wasser auf der See, gleich 26 Par. Fuß in einer Secunde oder nahe 100 Meilen in einem Tage. Ein solches Schiff würde daher auf jenem dem Durchmesser unserer Erdbahn gleichen Wege 1.178 Jahre zubringen.

Dieser Weg darf also in der That ungeheuer genannt werden. Und an den beiden Endpunkten einer solchen unübersehlichen, beinahe unbegreiflichen Straße — welche Veränderungen wird da der gestirnte Himmel und alle die Gegenstände erleiden, die zu beiden Seiten dieser Straße in dem großen Weltenraume zerstreut sind? Sterne, die hier nahe beisammen stehen, weil sie so weit von uns entfernt sind, werden dort, wo wir ihnen 41 Millionen Meilen näher gekommen sind, weit aus einander stehen, und umgekehrt, anfangs weit von einander entfernte Sterne, werden ganz nahe an einander rücken; solche Sterne, die uns hier groß erscheinen, werden dort kaum mehr gesehen werden, und dafür andere hell und groß erscheinen, die wir hier noch nicht sehen konnten; alle Sterne werden verändert, alle Sternbilder in ihrer Gestalt verrückt, und der ganze Himmel wird ein anderer erscheinen.

Dieß läßt sich allerdings bei einer so gewaltigen Veränderung unseres Standpunkts mit der größten Wahrscheinlichkeit erwarten. Auch haben die Astronomen seit Copernicus, d. h. seit ihnen diese Bewegung der Erde bekannt war, sich bemüht, diese wunderbaren Veränderungen des Himmels zu entdecken und durch ihre Beobachtungen über alle Zweifel zu erheben. Und welche Veränderungen haben sie gefunden? — Gar Keine! Ihre besten Fernröhren, ihre vollkommensten Instrumente, die seit Jahrhunderten vereinigte Arbeiten der ausgezeichnetsten Beobachter — alles war umsonst; jene mit so vieler Sicherheit erwarteten Veränderungen existiren nicht, und der uns umgebende unübersehbare Wald von Sternen zeigt durchaus denselben Anblick, man mag ihn am

Anfange oder am Ende dieses 41 Millionen Meilen langen Weges betrachten. Alle diese mit so viel Aufwand von Zeit und Mühe angestellten Beobachtungen glichen den Bemühungen einer Milbe, die den Gipfel eines entfernten Gebirges zuerst von dieser, und dann von der anderen Seite eines Hirsekorns betrachtet.

§. 69. (Die Entfernung der Fixsterne ist ungemein groß.) Und was soll man aus dem Mißlingen aller dieser Arbeiten schließen? Eins von beiden: entweder ist es nicht wahr, daß die Erde sich um die Sonne bewegt, und dann fallen jene nur geträumten Veränderungen des gestirnten Himmels von selbst weg; oder aber, die Distanz dieser Fixsterne von uns ist so ungeheuer, daß selbst jene Entfernung von 41 Millionen Meilen nur wie ein unmerklicher Punkt gegen dieselbe verschwindet.

Das erste wird man nicht annehmen können, wenn man die Gründe, die in dem vorhergehenden Kapitel für die jährliche Bewegung der Erde aufgestellt sind, auch nur mit einiger Aufmerksamkeit erwägt.

Wenn jetzt in der 11ten Figur C den Mittelpunkt der Sonne und zugleich den Mittelpunkt des Kreises AA'B bezeichnet, welchen die Erde jährlich um die Sonne zurücklegt, so wird ein Fixstern L, wenn er in der That so weit von der Erde, oder, was hier dasselbe ist, von der Sonne entfernt ist, daß der Halbmesser CA der Erdbahn gegen jene Entfernung nur als ein Punkt betrachtet werden muß, an demselben Orte des Himmels erscheinen, er mag von dem Mittelpunkte C der Sonne oder von dem A der Erde beobachtet werden, oder mit anderen Worten, der Winkel ACL, unter welchem einem Auge in dem Mittelpunkte des Sterns der Halbmesser AC der Erdbahn erscheint, wird kleiner als eine Secunde, also für unsere Sinne, der obigen Annahme gemäß, unmerklich seyn. Man kann diesen Winkel, analog mit der vorigen Bezeichnung, die jährliche Parallaxe des Gestirns heißen, während die bisher betrachtete, oder der scheinbare Winkel des Halbmessers der Erdbahn, zum Unterschiede von jenen, die tägliche Parallaxe des Gestirns genannt wird. Wir haben oben (§. 67) die tägliche Parallaxe des entferntesten unserer Planeten, des Uranus, gleich $0{,}_{47}$ Secunden gefunden, und diese ist allerdings so klein, daß sie auch mit unseren besten Instrumenten nicht mehr

bemerkt werden kann. Die jährliche Parallaxe dieses Planeten aber ist der Winkel L des in A rechtwinkligen Dreiecks, dessen Seite CA, dem Halbmesser der Erdbahn und dessen Hypotenuse CL gleich der Entfernung der Planeten von der Sonne oder nahe 19mal größer als CA ist. Daraus folgt, daß dieser Winkel, oder daß die jährliche Parallaxe des Uranus mehr als drei volle Grade beträgt, wie er denn auch durch alle Beobachtungen genau von dieser Größe gefunden wird. Noch viel größer ist er für die übrigen Planeten, die der Sonne alle näher stehen. Für Mars z. B., dessen Entfernung CL von der Sonne nahe ein und ein halbmal so groß als CA ist, beträgt die jährliche Parallaxe 41° 49′, ebenfalls den Beobachtungen vollkommen gemäß. Durch diese jährlichen Parallaxen der Planeten ist daher die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne bereits hinlänglich, als durch Thatsachen, die sich nicht weiter bezweifeln lassen, erwiesen, und wenn sich die jährliche Parallaxe der Fixsterne unseren Beobachtungen entzieht, so kann der Grund davon nicht mehr in der Nichtexistenz der Bewegung der Erde, sondern er muß allein in der zu großen Entfernung der Fixsterne von uns gesucht werden.

§. 70. (Negative Bestimmung der Entfernung der Fixsterne.) Da dieser Durchmesser der Erdbahn die größte Linie ist, die wir unseren Messungen der Entfernung der Fixsterne als Basis noch zu Grunde legen können und da sie, wie wir so eben gesehen haben, noch immer zu klein ist, um über diese Entfernung irgend eine positive Kenntniß zu verschaffen, so werden wir uns begnügen müssen, die Gränze anzugeben, inner welcher, aller Wahrscheinlichkeit zu Folge, noch kein Fixstern gefunden werden kann. Wenn die jährliche Parallaxe des Sterns, das heißt also, wenn der Halbmesser der Erdbahn aus dem Stern gesehen, noch eine ganze Secunde betrüge, so würden wir, nach so vielen zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen, den oder die Sterne schon gefunden haben, welchen diese Parallaxe zukömmt. Nach dem Vorhergehenden aber ist die Entfernung eines Gestirns, dessen jährliche Parallaxe gegeben ist, gleich dem Halbmesser der Erdbahn dividirt durch den Sinus dieser Parallaxe. Nehmen wir daher den Halbmesser der Erdbahn zu 20.658.000 Meilen und die jährliche Parallaxe gleich einer Secunde an, so finden wir für die Entfernung des Sterns

eine Distanz von 4.261.000 Millionen oder, in runder Zahl, von vier Billionen Meilen. Daraus folgt also, daß der nächste Fixstern wenigstens noch vier Billionen Meilen von uns entfernt seyn müsse. Ja man könnte diese Distanz mit Recht noch verdoppeln, da es sich hier, nicht um den Halbmesser, sondern um den Durchmesser der Erdbahn handelt, aus dessen äußersten Endpunkten wir, im Anfange und am Ende eines jeden halben Jahres, den Stern beobachten können, wo wir dann den Winkel ALB (Fig. 11) gleich zwei Secunden finden würden, wenn die jährliche Parallaxe ALC nur eine einzige Secunde beträgt.

Bleiben wir, um gewiß nichts zu übertreiben, und dafür desto sicherer zu gehen, bei der ersten Bestimmung stehen und wählen wir auch hier noch die kleineren runden Zahlen, so können wir mit Bestimmtheit sagen, daß der nächste Fixstern wenigstens noch 4 Billionen M. oder 200.000mal weiter, als die Sonne, von uns entfernt seyn müsse. Der Kürze wegen wollen wir diese Entfernung der Erde von der Sonne oder diese Distanz von 20.000.000 M. eine Erdweite, und die 200.000mal größere des nächsten Fixsterns, oder die Distanz von 4 Billionen M. eine Sternweite nennen.

Wenn aber die Größe dieser Erdweite, wie wir in §. 68 gesehen haben, mit anderen sinnlichen Wahrnehmungen verglichen, uns schon so ungemein groß erscheint, wie sollen wir erst diese Entfernung des nächsten Fixsterns mit einem ihrer würdigen Namen nennen? Sie verhält sich zu einer Meile, wie 190.000 Jahre zu einer Secunde; jenes schnell segelnde Schiff würde gegen 118 Millionen Jahre und jenes Rennpferd würde noch immer über 59 Millionen Jahre brauchen, um jene Distanz von dem Fixstern bis zu uns zurückzulegen. Das Licht, dessen Geschwindigkeit die größte ist, die wir in der Natur kennen, legt den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Minuten und 13 Secunden zurück; seine Geschwindigkeit ist also gegen 38 Millionenmal größer, als die jenes Schiffes, und doch würde es, um von dem Fixsterne bis zu uns zu gelangen, auf seinem Wege mehr als drei volle Jahre zubringen. Und dieß gilt nur von dem nächsten Fixsterne. Die anderen können vielleicht noch viele Tausendmale weiter von uns entfernt seyn, ja es ist nicht nur möglich, sondern selbst wahrscheinlich, daß es Fixsterne gibt, von welchen das Licht, ungeachtet

seiner an das Entsetzliche gränzenden Geschwindigkeit, erst in Jahrtausenden bis zu uns gelangt, so daß zur Zeit unseres Moses oder Alexanders am Himmel totale Veränderungen vorgegangen seyn können, von welchen wir, die wir ihn noch immer unverändert sehen, keine Kunde haben, weil der Bote, der sie uns bringen soll, weil das Licht seitdem noch nicht Zeit gehabt hat, aus jenem Raume bis zu uns zu gelangen.

§. 71. (Wahre Größe der Fixsterne.) Da wir über die Entfernung der Fixsterne keine nähere Kenntniß haben, so bleiben wir auch über die wahre Größe dieser Himmelskörper in Ungewißheit. Diese Ungewißheit wird noch dadurch vermehrt, daß wir die scheinbare Größe derselben oder die Winkel, welche ihre Durchmesser in unserem Auge bilden, wegen der ungemeinen Kleinheit dieser Winkel, nicht mehr mit Zuverläßigkeit angeben können. Zwar erscheinen Sirius, die Ziege, die Leier und andere Gestirne der ersten Größe mit ihrem lebhaften Lichte dem freien Auge noch immer von nicht unbeträchtlicher Größe, aber dieses scintillirende Licht, welches sie ringsum umgibt, ist nicht der Kern, der eigentliche Körper des Sterns, sondern nur ein nach allen Seiten überfließendes, parasitisches Licht, dessen Ursprung nicht sowohl in dem Stern, als vielmehr in der Unvollkommenheit unseres Auges zu suchen ist, daher denn auch im Allgemeinen die Fixsterne immer kleiner, immer mehr als eigentliche Punkte erscheinen, je vollkommener das Fernrohr ist, durch welches man sie betrachtet.

Da übrigens der wahre Halbmesser eines jeden kugelförmig gebauten Gestirns gleich ist dem Produkte der Entfernung desselben von der Erde in dem Sinus des scheinbaren Halbmessers des Gestirns, so würde es leicht seyn, die wahre Größe derselben anzugeben, wenn man ihre scheinbare Größe und ihre Entfernungen als bekannt voraussetzen könnte. So will z. B. der ältere Herschel den scheinbaren Halbmesser des schönen Sterns in der Leier, der unter dem Namen Wega bekannt ist, gleich $^1/_6$ einer Secunde gefunden haben. Nimmt man die Entfernung desselben gleich einer Sternweite oder gleich 200.000 Erdweiten, oder seine jährliche Parallaxe gleich einer Secunde an, so folgt daraus, daß sein wahrer Halbmesser gleich $0{,}_{16}$ Erdweiten oder, da eine Erdweite 214 Sonnenhalbmesser beträgt, gleich 34 Sonnenhalbmesser ist, so daß

daher der körperliche Inhalt dieses Sterns den der Sonne gegen 39.000mal übertreffen würde. Wäre die jährliche Parallaxe eines Sterns, so wie sein scheinbarer Halbmesser, jede gleich einer Secunde, so würde der wahre Halbmesser des Sterns gleich dem Halbmesser der Erdbahn oder der Stern würde so groß seyn, daß er den Raum, den die jährliche Bahn der Erde im Weltraume einnimmt, ganz ausfüllen würde. Damit der scheinbare Halbmesser der Sonne von der Erde gesehen, der jetzt 960 Secunden beträgt, nur eine halbe Secunde betrage, müßte die Distanz der Sonne von uns nahe gleich 1890 Erdweiten, oder sie müßte 1890 mal weiter von uns entfernt seyn, als sie jetzt ist. Wollte man aber die Sonne in die Entfernung des nächsten Fixsterns, also in die Distanz von 4 Billionen Meilen von uns versetzen, so würde ihr scheinbarer Halbmesser nur mehr unter dem äußerst geringen Winkel von 0″,₀₀₂ Secunden von uns gesehen werden.

Ohne Zweifel sind jene so weit von uns entfernte Fixsterne an Größe unter einander sehr verschieden und es ist nicht unwahrscheinlich, daß viele derselben die Sonne an Größe weit übertreffen, obschon sie alle darin unserer Sonne ähnlich sind, daß sie, wie diese, mit ihrem eigenen Lichte leuchten, während der Mond und die Planeten und andere an sich dunkle Körper nur durch das von der Sonne geborgte und an ihrer Oberfläche reflectirte Licht uns sichtbar werden. Ohne Zweifel sind jene Fixsterne ebenfalls solche Sonnen, um welche sich wieder andere dunkle Körper bewegen, die von ihren Centralpunkten, wie die Planeten von unserer Sonne, Licht und Wärme erhalten. Es ist selbst möglich, daß viele dieser Centralkörper, die Quelle der Bewegung unzähliger sie umkreisenden Planeten und Kometen, an sich dunkle, also uns für immer unsichtbare Körper sind, und vielleicht sind eben die größten unter ihnen solche dunkle Sterne, deren ungeheure Masse eine so gewaltige Anziehung aller Theile ihrer Oberfläche gegen den Mittelpunkt derselben ausübt, daß die Kraft dieser Attraction die Schnellkraft des Lichtes, mit welcher sich dasselbe von den leuchtenden Körpern zu entfernen sucht, überwiegt und daher dieses Licht nicht mehr ausströmen läßt. Ueberhaupt sind wohl die lichten und dunklen Himmelskörper nicht eben so verschieden, wie wir sie uns bisher vorzustellen pflegten. Unsere Sonne selbst

ist wahrscheinlich ein vollkommen dunkler Körper, nur mit einer leuchtenden Atmosphäre umgeben. Der Mond, den wir für einen durchaus lichtlosen Körper halten, scheint doch auch ein eigenes phosphorescirendes Licht zu haben, wie seine Kupferfarbe bei totalen Mondsfinsternissen zeigt. Die Kometen haben wahrscheinlich alle ein ihnen eigenthümliches Licht und die sogenannten veränderlichen Sterne, die regelmäßige Abwechslungen ihres Lichtes zeigen, haben vielleicht die Eigenschaft, das Licht an ihrer Oberfläche gleichsam pulsirend oder periodenweise selbstthätig zu entwickeln und in diesem Wechsel ihrer inneren An- und Abspannung bald als leuchtende, bald als dunkle Körper zu erscheinen. Wer mag es läugnen, da ähnliche Veränderungen selbst in dem Inneren unserer Erde, das wir noch gar nicht kennen, vorgehen? Die Erde besitzt, wie unsere Beobachtungen zeigen, eine ihr eigenthümliche, innere Wärme und in der Nähe ihres Mittelpunktes vielleicht eine sehr große Hitze. Auf ihrer Oberfläche geht diese Wärme oft in Flammen und gewaltsame Erschütterungen über, die ihren Grund in jener Centralhitze haben mögen. Könnten wir die Rinde, welche jenen großen Herd bedeckt, aufbrechen und bis zu ihm vordringen, so würden wir vielleicht ganze Strecken von vielen Quadratmeilen finden, die an Licht und Feuer mit der Sonne wetteifern.

Wie es sich aber auch mit diesen uns leider noch ganz unbekannten Gegenständen verhalten mag, dieß geht aus unseren Beobachtungen klar hervor, daß die Fixsterne alle in solchen Entfernungen von uns abstehen, daß selbst die Distanz der Sonne von der Erde, von 20 Millionen Meilen, aus jenen Entfernungen gesehen, nur als ein für unsere Sinne untheilbarer Punkt erscheint, und daß der nächste dieser Fixsterne wenigstens 200.000 Erdweiten oder vier Billionen Meilen von uns, oder was hier dasselbe ist, von der Sonne abstehen muß. Wie weit sich, jenseits dieser nächsten Sterne, nach allen Seiten der Weltraum, jener unabsehbare Wald von Sonnen, erstreckt, wird uns wohl immer unbekannt bleiben. Alles, was uns von diesem unermeßlichen Himmelsbau noch einigermaßen zu kennen erlaubt ist, bezieht sich auf die kleine Colonie, die sich um unsere Sonne angebaut hat, die uns zunächst umgibt, und zu der die Erde, unser Wohnort, selbst gehört. Die

Stelle, auf welcher sich diese Colonie niedergelassen hat, ist ein kleiner Kreis von nahe fünfmalhunderttausend Billionen Q.Meilen, in dessen Mitte die Sonne wohnt und an dessen äußerster Gränze, vierhundert Millionen Meilen von der Sonne, sich der Planet Uranus angesiedelt hat. Ein kleiner Kreis, sage ich, denn schon der nächste Nachbar, der nächste der uns umgebenden Fixsterne, sieht den Halbmesser dieses Kreises nur unter dem kleinen Winkel von 20 Secunden, oder nicht einmal so groß, als uns der Halbmesser des Planeten Jupiter, wenn er uns am nächsten steht, erscheint. Zwischen dieser äußersten Gränze, die unserer kleinen Sonnenfamilie in dem Weltraume angewiesen ist, und zwischen den nächsten Sternen findet sich nach allen Seiten hin eine unabsehbare Wüste, eine rings um unser Planetensystem laufende, leere Zone, deren Breite 3.999.600 Millionen Meilen beträgt, die also 9.999mal breiter, als der Halbmesser des unserer Colonie angewiesenen Kreises ist. Welche Absicht der Urheber der Natur gehabt hat, die einzelnen Länder seines Reiches durch solche Wüsten von einander zu trennen, wird uns wohl immer ein Geheimniß bleiben. Auf unserer Erde wäre dieß ohne Zweifel das einzige Mittel, die schönen Träume St. Pierre's von dem goldenen Zeitalter und dem ewigen Frieden, nach dem man sich schon so lange vergebens sehnt, endlich einmal zu verwirklichen.

§. 72. (Geschichte der Parallaxe.) Sobald Copernicus sein neues Planetensystem, das ganz auf die Bewegung der Erde um die Sonne gegründet war, aufgestellt hatte, mußte die Frage, ob die Fixsterne eine jährliche Parallaxe haben, von der größten Wichtigkeit erscheinen, da die Existenz dieser Parallaxe zugleich als der beste und auffallendste Beweis für jene Bewegung der Erde angesehen wurde. In unseren Tagen, wo diese Bewegung bereits durch die in dem vorhergehenden Kapitel enthaltenen Gründe, und noch mehr durch die Betrachtungen, die den Gegenstand des nächstfolgenden Kapitels machen, über alle Zweifel erhoben ist, hat diese Frage in jener Beziehung ihr Interesse verloren, obschon sie, in Rücksicht auf unsere Kenntniß der Ausdehnung des Weltraumes überhaupt, immer von der äußersten Wichtigkeit bleiben wird; und so wird es daher nicht unangemessen seyn,

hier eine kurze Geschichte der Bemühungen der Astronomen zu diesem Zwecke mitzutheilen.

Schon Galilei, das erste Opfer jenes neuen Systems, war auf ein Mittel bedacht, die Parallaxe der Fixsterne durch Beobachtungen zu bestimmen. Er schlug dazu Beobachtung des Unterganges eines Sterns der ersten Größe an einem einige Meilen entfernten Thurme zu verschiedenen Zeiten des Jahres vor. Allein der Vorschlag blieb unausgeführt und er würde auch kein Resultat geliefert haben, da alle Beobachtungen in der Nähe des Horizonts, wie wir später sehen werden, großen Unsicherheiten unterworfen sind.

Später beschäftigten sich Tycho Brahe und Biccioli fleißig mit diesen Untersuchungen. Aber ihre Quadranten, mit welchen sie die Parallaxe der Fixsterne bestimmen wollten, waren viel zu unvollkommen, um dadurch eine so kleine Größe bestimmen zu können. Ihre Absicht war, die Lehre des Copernicus durch die Nichtexistenz dieser Parallaxe als irrig darzustellen, und so wird es kaum als ein Beweis ihres Beobachtungstalentes, wie einige Astronomen gemeint haben, angesehen werden können, daß sie auch in der That keine Parallaxe gefunden haben.

Zu Ende des 17ten Jahrhunderts nahm der berühmte englische Geometer Wallis diesen Gegenstand wieder vor. Er befestigte das Objectiv eines Fernrohrs von sehr großer Brennweite an der Spitze eines Thurmes und beobachtete dadurch und durch ein in die Wand seines Hauses eingemauertes Ocular die Differenz der Azimute größerer Sterne zu verschiedenen Jahreszeiten. Er wollte durch dieses Verfahren vorzüglich die Störungen der Refraction, von der wir später sprechen werden, vermeiden. Allein auch er fand nichts Entscheidendes, obschon er seinen Gegenstand, wie er selbst sagte, über 40 Jahre verfolgte. Bald darauf wollte Rowley dieselben Beobachtungen an einem der Thürme der Paulskirche in London wiederholen, aber Newton soll die Ausführung gehindert haben, weil er besorgte, daß das ohnehin nicht zweckmäßige Verfahren durch sein wahrscheinliches Mißlingen die neue Lehre bei den weniger Unterrichteten in Mißcredit bringen könnte.

Newton's Zeitgenosse und Gegner, Hooke, suchte denselben

Zweck durch ein festgemauertes Fernrohr von 36 Fuß Focallänge zu erreichen, aber die dann angestellten Beobachtungen waren zu unvollkommen, um durch sie eine Beantwortung der Frage zu erwarten. Flamstead beobachtete um das Jahr 1690 an seinem sechsfüßigen Mauerquadranten in Greenwich durch längere Zeit den Polarstern und wollte daraus eine nicht unbeträchtliche Parallaxe dieses Sterns gefunden haben. Allein der berühmte Domenico Cassini zeigte, daß die von Flamstead bemerkten Veränderungen des Sterns mit denjenigen nicht übereinstimmen, welche aus einer richtigen Theorie der Parallaxe folgen, und daß sie daher aus ganz anderen Ursachen abgeleitet werden müssen. Der Däne Römer, dem die praktische Astronomie so viel verdankt, zeigte zuerst, daß die beobachteten Rectascensionen der Sterne zu jenem Zwecke viel geschickter sind, als die von Flamstead angewendeten Zenithdistanzen. Er verfolgte selbst diesen Gegenstand durch achtzehn Jahre. Man muß es bedauern, daß er bei der Redaction dieser Beobachtungen durch den Tod überrascht wurde. Uebrigens fand er die Summe der Parallaxen der beiden Sterne Sirius und Wega zwischen 30 und 45 Secunden, also viel zu groß gegen die Resultate, welche neuere Beobachtungen dieser Sterne gegeben haben. Auch der berühmte Astronom Bradley, Flamstead's Nachfolger in Greenwich, verfolgte diesen Gegenstand durch viele Jahre mit großem Eifer, fand aber dadurch statt der Parallaxe, die er suchte, zwei andere merkwürdige Bewegungen der Fixsterne, von denen wir später sprechen werden. Die Parallaxe selbst erklärte er, seinen Beobachtungen zu Folge, für unmerklich.

In unseren Zeiten beschäftigten sich vorzüglich Piazzi und Calandrelli mit der Beantwortung dieser Frage. Piazzi in Palermo wählte wieder die Beobachtungen der Zenithdistanzen. Er fand die Parallaxe der Capella und mehrerer anderer Fixsterne der ersten Größe sehr nahe gleich Null, die des Sirius aber wollte er vier Secunden groß gefunden haben. Die Beobachtungen anderer Astronomen stimmen damit nicht überein. Auch ist der letzte Stern zu Untersuchungen dieser Art nicht geeignet, da er für alle Sternwarten Europa's in einer zu geringen Höhe durch den Meridian geht. Endlich scheint es, als ob die Veränderungen, welche

er zu verschiedenen Jahreszeiten in der Lage der Sterne gefunden hatte, ihren eigentlichen Grund in den Veränderungen des Gebäudes hatten, in welchem sein Instrument aufgestellt war, indem dieses, wie vielleicht jedes andere Gebäude, durch die theilweise Bescheinung der Sonne und durch die verschiedene Temperatur der Jahreszeiten, periodischen Veränderungen seiner Lage unterworfen ist, deren Folgen er, ohne die Ursache derselben zu kennen, auf den Himmel übertrug.

Calandrelli in Rom beobachtete um das Jahr 1805 zu dieser Absicht besonders den schönen Stern Wega in der Leier, der für seinen Parallelkreis nahe durch das Zenith des Beobachters geht. Er wählte dazu einen Sector von neun Fuß im Halbmesser und seine mit vieler Umsicht angestellten und unter sich gut harmonirenden Beobachtungen gaben die Parallaxe dieses Sterns gleich 4,4 Secunden, woraus die Entfernung desselben von uns gleich 46.880 Erdweiten folgen würde.

Allein Bessel in Königsberg, der nach Calandrelli denselben Stern untersuchte, fand aus Bradley's Beobachtungen der Rectascensionen selbst die Summe der Parallaxen für Wega und Sirius gleich Null, für Atair im Adler und Procyon im kleinen Kind, erhielt er zur Summe der Parallaxen nur die sehr geringe Größe von $^5/_8$ einer Secunde. Er wählte dazu sehr zweckmäßig solche Sternpaare, die nahe in demselben Parallelkreise liegen und in Rectascension nur wenig von 180 Graden verschieden sind; für solche Sterne liegen die Jahreszeiten, wo ihre Parallaxe der Rectascension am kleinsten und am größten ist, nahe sechs Monate von einander, und diese größten und kleinsten Werthe haben dann Statt, wenn die Sonne in Rectascension dem Stern nahe um 6 Uhr voran geht oder ihm eben so viel folgt.

Der jüngere Herschel schlug endlich zu diesem Zwecke die Beobachtung der Doppelsterne, d. h. solcher Sterne vor, die von der Erde gesehen, sehr nahe an einander zu stehen scheinen. Unter der Voraussetzung, daß diese Nähe in der That nur scheinbar ist und bloß von der Stellung unserer Erde gegen diese Sterne abhängt, während die letzten vielleicht sehr weit hinter einander stehen, würde eine Ortsveränderung der Erde auch die scheinbare Distanz jener Sterne ändern müssen. Jeder dieser beiden Sterne

würde nämlich, in Folge der jährlichen Bewegung der Erde, eine kleine Ellipse am Himmel zu beschreiben scheinen, die der Durchschnitt der Himmelsfläche mit einem schiefen elliptischen Kegel ist, der seine Scheitel in dem Sterne und seine Basis in dem Umkreise der Erdbahn hat. Diese Ellipse wird für den entfernteren der beiden Sterne viel kleiner, als für den anderen seyn. Mißt man daher mit einem sogenannten Positions-Mikrometer, zu verschiedenen Zeiten des Jahres, die Distanz der beiden Sterne sowohl, als auch die Lage, welche die sie verbindende gerade Linie mit der Ebene des Horizonts oder des Aequators bildet, und bemerkt man in diesen beiden Größen periodische Aenderungen, so wird man leicht sehen, ob diese Aenderungen mit der Theorie der Parallaxe übereinstimmen.

Diese Methode ist ganz unabhängig von all' den Fehlern, denen jede Beobachtung der Zenithdistanz oder der Rectascension unterworfen ist, und sie empfiehlt sich vorzüglich dadurch, daß die Refraction, dieses große Hinderniß aller genauen Beobachtungen, auf sie keinen weiteren Einfluß mehr hat. Aber sie setzt voraus, daß die Duplicität dieser Sterne nur scheinbar ist, oder daß beide Sterne in sehr verschiedener Entfernung von uns auf der gemeinschaftlichen Gesichtslinie derselben stehen, und daß sie überdieß keinen anderen Bewegungen unterworfen sind. Allein beide Voraussetzungen scheinen nur sehr selten oder vielleicht nie Statt zu finden. Wir werden später sehen, daß die meisten dieser doppelten und vielfachen Sterne nicht bloß scheinbar, sondern in der That sehr nahe bei einander stehen, daß sie gleichsam isolirte Sternsysteme am Himmel bilden, und daß bei weitem die meisten derselben nicht nur einer relativen Bewegung um einander, sondern auch einer gemeinschaftlichen, fortschreitenden Bewegung im Raume unterworfen sind. Dieß ist ohne Zweifel die Ursache, warum diese sinnreiche Methode, von der man sich Anfangs einen so glücklichen Erfolg versprach, noch keine Resultate geliefert hat, und warum wir überhaupt über die Parallaxe der Fixsterne noch so ganz im Dunkeln sind.

Kapitel VI.

Aberration der Fixsterne.

§. 73. (Erste hierher gehörende Erscheinungen). Wir haben berets zu Ende des vorhergehenden Kapitels der Beobachtungen erwähnt, die James Bradley zur Auffindung der Parallaxe der Fixstrne angestellt hatte. Er begann sie zu Ende des Jahrs 1725 in Verbindung mit Samuel Molineux, mit welchem er zu Kew, in de: Grafschaft Essex, vorzüglich den Stern γ im Kopfe des Drachen, der nahe durch das Zenith dieser Stadt geht, durch mehre Jahre mit großer Aufmerksamkeit verfolgte. Sein treffliches Instrument, ein Zenithsector von Graham, setzte ihn bald in den Stand, Aenderungen in der Lage dieses Sterns zu bemerken, die znar nur sehr klein, aber auch zugleich sehr regelmäßig waren, und deren Ursache zu erforschen ihm daher sehr angelegen seyn mußte.

Er fand zuerst, daß die Veränderungen der Länge und der Breite dieses Sterns eine Periode haben, deren Länge gleich der Länge des Jahres ist. Da dieß zugleich die Periode ist, in welcher die jährliche Parallaxe des Fixsterns, wenn sie überhaupt existirt, eingeschlossen seyn muß, so mochte er, auf den ersten Anblick dieses Gegenstandes, wohl geglaubt haben, die so lang gesuchte Parallaxe endlich einmal gefunden zu haben. Allein eine nähere Betrachtung dieser jährlichen Veränderung des Sterns mußte ihn bald von dieser Vermuthung zurückbringen. Er fand,

daß die Länge dieses Sterns immer in der Mitte des Junius am größten, und in der Mitte des Dezembers am kleinsten war, und daß sie in der Mitte des März und Septembers ihren mittlern Werth hatte. Die Breite im Gegentheile hatte im März ihren kleinsten, im September ihren größten, und im Junius und Dezember ihre mittleren Werthe.

§. 74. (Diese Erscheinungen sind nicht aus der Parallaxe zu erklären). Diese Veränderungen paßten aber durchaus nicht in eine parallactische Bewegung des Sterns, sie mußten also eine ganz andere Ursache haben.

Um das Folgende leichter zu übersehen, sey S (Fig. 8) die Sonne, und abcd die jährliche Bahn der Erde. Denken wir uns ein Gestirn im ♑ nahe im 270sten Grad der Länge, wo in der That der oben erwähnte Stern γ Draconis steht. Ist die Erde im Dezember in b, so sieht sie den Stern in derselben Richtung wie die Sonne, nämlich beide bei ♑ und man sagt dann, der Stern sey mit der Sonne in Conjunction. Ist aber die Erde im Junius in d, so sieht sie den Stern, wie zuvor, im ♑, die Sonne aber auf der entgegengesetzten Seite des Himmels im ♋, und man sagt dann, der Stern sey mit der Sonne in Opposition. Für die beiden Punkte a und c endlich, die zwischen den vorhergehenden b und d in der Mitte liegen, sagt man, der Stern sey in der Quadratur mit der Sonne. In der Conjunction ist die Länge der Sonne gleich der Länge des Sterns, und der Stern geht mit der Sonne zugleich durch den Meridian, oder er culminirt um Mittag. In den beiden Quadraturen ist jene Differenz der Längen gleich 90° oder 270° und der Stern culminirt um 6 Uhr Morgens oder um 6 Abends. In der Opposition endlich beträgt jener Längenunterschied 180 Grade, und der Stern culminirt um Mitternacht. Conjunction und Opposition zusammen pflegt man auch mit einem Worte, die Syzygien zu nennen.

Dieß vorausgesetzt, können wir nun jene Veränderungen des Sterns kürzer so ausdrücken: „Die Länge desselben hat in seiner „Conjunction mit der Sonne den kleinsten, in der Opposition „den größten, und in den beiden Quadraturen seinen mittlern „Werth; die Breite aber hat in den Quadraturen ihren größten „und kleinsten und in den beiden Syzygien ihren mittlern Werth.“

Und ganz demselben Gesetze folgten auch die jährlichen Bewegungen aller andern Sterne, die Bradley nebst γ Draconis an seinem Sector beobachtete. Dabei mußte es ihm auffallen, daß der Unterschied der größten und kleinsten Länge, in dem Orte des Sterns selbst betrachtet, bei allen Sternen von gleicher Größe war, und 40,5 Secunden betrug, während die Veränderungen der Breite immer kleiner wurden, je näher der Stern an der Ecliptik stand, bis endlich für Sterne in der Ecliptik die Breite derselben ganz unveränderlich, oder immer gleich Null blieb. Bradley nannte diese Veränderungen der Sterne die Aberration derselben.

Daß aber diese Bewegungen sich aus einer gewöhnlichen Parallaxe der Erdbahn nicht erklären lassen, war wohl für sich klar. Die Wirkungen einer solchen Parallaxe lassen sich nämlich, nach dem vorhergehenden Kapitel, auf folgende Weise bildlich darstellen. Man denke sich durch den Stern und durch die Erde in allen Punkten ihrer Bahn gerade Linien gezogen, so werden diese geraden Linien die Oberfläche eines Kegels bilden, dessen Basis die Erdbahn und dessen Spitze der Stern ist. Verlängert man dann diese geraden Linien über den Stern hinaus, bis an die Fläche des Himmels, so werden sie diese Fläche in einer krummen, ellipsenförmigen Linie schneiden, welche die parallactischen Orte des Sterns, d. h. alle diejenigen Orte enthalten wird, in welcher während dem Laufe des ganzen Jahrs der Stern, von der Erde gesehen, erscheint, während er, von der Sonne gesehen, immer in dem Mittelpunkte jener Ellipse oder in demjenigen Punkte des Himmels erscheinen wird, wo die, von der im Mittelpunkte der Erdbahn ruhenden Sonne nach der Spitze jenes Kegels gezogene gerade Linie verlängert, den Himmel treffen wird. Aus dieser einfachen Construction folgt sofort, daß wir den Stern, in Beziehung auf seinen mittlern Punkt, d. h. in Beziehung auf den Mittelpunkt seiner Ellipse, immer auf der entgegengesetzten Seite des Himmels von derjenigen sehen werden, welche unsere Erde selbst in ihrer Bahn einnimmt. Wir werden ihn also z. B. am meisten östlich sehen, wenn wir in dem westlichsten Punkte a unserer Bahn sind, am meisten westlich aus dem östlichsten Punkte der Bahn, und wenn er über der Ecliptik steht, so wird man ihn

am meisten über derselben, oder in seiner größten Breite sehen, wenn die Erde am tiefsten unter ihm, oder wenn sie ihm in der Opposition am nächsten steht, und wieder am nächsten bei der Ecliptik oder in seiner kleinsten Breite, wenn die Erde in der Conjunction den größten Abstand von dem Stern hat u. s. w. Kurz: „Die Länge jedes Sterns hat wegen seiner parallactischen „Bewegung in den Syzygien ihren mittlern, und in den Quadra„turen ihren größten und kleinsten Werth, während die Breite in „den Quadraturen ihren mittlern, in der Conjunction den klein„sten, und in der Opposition den größten Werth hat," welches Gesetz demnach in allen seinen Theilen das Gegentheil von dem oben aufgestellten Gesetze der Aberration ist, dem die von Bradley entdeckten Veränderungen unterworfen sind. Zwar lassen sich auch diese letzten Veränderungen durch eine Ellipse darstellen, welche der Stern um seinen mittlern Ort, oder um den Mittelpunkt dieser Ellipse, jährlich zurücklegt, aber diese beiden Ellipsen sind eben so wesentlich von einander verschieden, als die Bewegungen selbst, welche die Sterne in diesen beiden Ellipsen befolgen.

§. 75. (Differenz zwischen den Wirkungen der Parallaxe und der Aberration). In der parallactischen Ellipse $\alpha\beta\gamma\delta$ (Fig. 8) nämlich ist der Stern immer in demjenigen Punkte seiner Peripherie, der dem gleichzeitigen Punkte der Erde in ihrer Bahn gerade entgegen gesetzt ist, oder der Stern ist bei seiner kleinsten Länge in α, wenn die Erde in a und bei seiner größten Länge in γ, wenn die Erde in c ist. In beiden Fällen steht aber der Stern mit der Sonne in den Quadraturen. Die mittleren Längen aber haben Statt, wenn der Stern in β und δ und die Erde in b und d in den Syzygien ist. Eben so ist für die größte Breite der Stern in δ und die Erde in d zur Zeit der Opposition; für die kleinste Breite der Stern in β und die Erde in b zur Zeit der Conjunction, und endlich für die mittlere Breite der Stern in α oder γ, während die Erde in a oder c zur Zeit der Quadraturen ist. Was endlich diese Ellipse selbst betrifft, so ist sie für jeden Stern eine andere, und überhaupt desto kleiner, je größer die Entfernung desselben von der Erde ist, bis sie endlich für alle die Sterne, deren jährliche Parallaxe Null ist, in einen einzigen Punkt übergeht, oder gänzlich verschwindet.

Im Gegentheile ist die zweite Ellipse, welche die von Bradley beobachtete Aberration der Sterne enthält, in derselben Figur auf eine ähnliche Weise durch a'b'c'd' dargestellt, wo wieder der Stern in a' und die Erde zu derselben Zeit in a, oder der Stern in b' und die Erde in b ist u. s. w. Hier hat, wie schon der bloße Anblick der Zeichnung zeigt, der Stern seine kleinste Länge in b', wenn die Erde zur Zeit der Conjunction in b ist, und die größte Länge in d', wenn die Erde zur Zeit der Opposition in d ist, während die mittleren Längen in a' und c' in die Zeiten der Quadraturen fallen. Die Breite aber hat ihre größten und kleinsten Werthe in den Punkten a' und c' zur Zeit der Quadraturen und ihre mittleren Werthe in b' und d' zur Zeit der Syzygien, vollkommen mit dem oben aufgestellten Gesetze übereinstimmend. Was endlich diese Ellipse selbst betrifft, so ist der große Durchmesser derselben bei allen Sternen parallel mit der Ecliptik, und für alle Sterne von gleicher Größe, nämlich gleich $40{,}_5$ Secunden. Der kleine Durchmesser aber, der senkrecht auf der Ecliptik, oder in dem breiten Kreise des Sterns liegt, wird immer kleiner, je näher die Sterne an der Ecliptik liegen, bis er endlich für Sterne in der Ecliptik gänzlich verschwindet, und hier die ganze Ellipse in eine gerade, der Ecliptik parallele Linie von $40{,}_5$ Secunden Länge übergeht.

§. 76. (Entstehung der Aberrations-Ellipse). Um auch die genetische Erklärung dieser zweiten Ellipse a'b'c'd' zu geben, so wollen wir die Bahn der Erde durch den auf die Gesichtslinie SZ des Sterns senkrechten Durchmesser ac in zwei Hälften theilen, wo wir sodann Folgendes bemerken: Ist die Erde in der von dem Stern abgewendeten Hälfte abc ihrer Bahn, so ist der Stern in dem Bogen a'b'c', in welchem durchaus seine scheinbare Länge kleiner ist als die wahre oder mittlere Länge. Ist aber die Erde in der dem Stern zugekehrten Hälfte cda ihrer Bahn, so ist der Stern in dem Bogen c'd'a', wo die scheinbare Länge desselben überall größer ist, als die mittlere. Da wir also die Länge des Sterns aus der ihm zugekehrten Hälfte der Erdbahn immer größer, und aus der abgewendeten Hälfte immer kleiner sehen, so folgt daraus, daß die scheinbare Gesichtslinie, in welcher wir den Stern im Laufe des ganzen Jahres durch sehen, gegen die wahre

oder mittlere Gesichtslinie, in welcher man ihn aus der ruhenden Sonne sehen würde, etwas geneigt, und zwar nach derselben Seite hin geneigt ist, nach welcher die Erde in ihrer jährlichen Bewegung hingeht.

Sey also ABCD (Fig. 14) die Erdbahn, in deren Mittelpunkte die Sonne S ruht. Wenn man von der Sonne aus einen Fixstern in ♊ in der Richtung S♊ sieht, so wird man denselben Stern auch von allen Punkten D, A, B, C der Erdbahn aus in *demselben* Punkte des Himmels sehen, wenn die Entfernung desselben in der That so groß ist, daß dagegen der Halbmesser der Erdbahn, oder daß die jährliche Parallaxe des Sterns als ganz unmerklich verschwindet. Zieht man daher durch diese Punkte D, A, B, C der Erdbahn gerade Linien DP, AP′, BP″ und CP‴, die alle mit der durch die Sonne gehenden Linie S♊ *parallel* sind, so werden diese Linien DP, AP′, die mittlern oder wahren Gesichtslinien des Sterns ♊ seyn. Wenn sich nun die Erde in der Richtung DAB oder von West gen Ost bewegt, so wird die scheinbare Gesichtslinie des Sterns für jeden Punkt der Erdbahn, dem Vorhergehenden gemäß, in Beziehung auf die wahre Gesichtslinie, gegen die Seite, wohin sich die Erde bewegt, geneigt seyn, oder diese scheinbare Gesichtslinie wird durch die punktirten Linien Dp, Ap′, Bp″, Cp‴ vorgestellt werden. Den Beobachtungen gemäß, wird der Winkel P′Dp, P′Ap′.. der beiden Gesichtslinien für alle Punkte der Erdbahn immer gleich groß seyn, und 20,₂₅ Secunden betragen, und die scheinbare Gesichtslinie wird für jeden Punkt der Erde immer in der Ebene liegen, welche durch die wahre Gesichtslinie und durch die Tangente der Erdbahn in diesem Punkte geht. Stellen also die kleinen Linien Dd, Aa, Bb und Cc diese Tangente der Erdbahn in den Punkten D, A, B und C vor, so liegen für jeden dieser Punkte, die drei von ihnen ausgehenden Linien, wie DP, Db und Dd, in *einer und derselben Ebene*, und der Winkel PDp der beiden ersten Linien ist immer von derselben Größe, und gleich 20,₂₅ Secunden, daher er auch der *Aberrations-Winkel* genannt wird.

Allein diese Ebene, in welcher der wahre und der scheinbare Ort des Sterns liegt, dreht sich, weil sie immer durch die Tangente der Erdbahn geht, die sich selbst dreht, indem sie nach und

nach die Lagen Dd, Aa, Bb u. s. f. annimmt. Durch diese Drehung jener Ebene geschieht es, daß der scheinbare Ort des Sterns, der immer nach der Seite zu liegt, wohin die Erde geht, einmal links oder rechts, einmal über oder unter dem wahren Orte des Sterns zu liegen kömmt, wie die Zeichnung zeigt, und daß also auch die Ebene des parallactischen Winkels bald parallel, bald senkrecht, und bald wieder in verschiedenen schiefen Lagen gegen die Ebene der Ecliptik steht, wodurch denn auch die Länge sowohl, als die Breite des Sterns auf sehr mannigfaltige Weise verändert werden, wenn gleich die absolute Größe des parallactischen Winkels immer dieselbe bleibt.

So steht z. B. diese Ebene zur Zeit der beiden Quadraturen, wo die Erde in A und C ist, senkrecht auf der Ecliptik, der Aberrationswinkel liegt in dem Breitenkreise, daher auch die Breite des Sterns am meisten, die Länge desselben aber gar nicht geändert wird. In den Quadraturen hat daher die Breite des Sterns in A ihren größten, in C ihren kleinsten Werth, während die Länge des Sterns gleich der aus der Sonne S gesehenen Länge ist, oder ihren mittlern Werth hat. Zur Zeit der Syzygien aber, wo die Erde in B und D ist, liegt jene Ebene gegen die Ecliptik so, daß der Aberrationswinkel seine ganze Wirkung auf die Länge des Sterns, und gar keine auf die Breite desselben äußert, daher auch in der Conjunction in B die Länge ihrer kleinsten, und in der Opposition in D ihren größten Werth hat, weil dort der Stern in der Gesichtslinie Bp″ und hier in der Richtung Dp erscheint, und da diese beiden scheinbaren Gesichtslinien mit ihren mittlern BP″ und DP dieselbe Neigung gegen die Ecliptik haben, so wird dadurch die Breite des Sterns gar nicht geändert, oder in den Syzygien hat die Breite des Sterns ihren mittlern Werth, was alles mit den in §. 74 aufgestellten Gesetzen der Aberration genau übereinstimmt. Erinnert man sich endlich noch, daß vermöge der verschwindenden jährlichen Parallaxe der Fixsterne der Halbmesser der Erdbahn gegen die Entfernung der Sterne als unendlich klein angenommen werden kann, so wird man auch annehmen können, daß der Umkreis ABCD der Erdbahn bloß durch seinen Mittelpunkt S, und daß alle wahre Gesichtsstrahlen DP, AP′, BP″ .. bloß durch den mittlern, durch die Sonne S gehenden

Gesichtsstrahl S□ vorgestellt werden. Zeichnet man dann um diesen mittlern Gesichtsstrahl S□ alle scheinbare Dp, Ap′, Bp″.. so, daß jeder von ihnen parallel mit seiner frühern Lage, durch denselben Punkt S geht, so wird man dadurch die Oberfläche eines Kegels erhalten, dessen Spitze in S und dessen Basis ein mit der Ecliptik paralleler Kreis ist, dessen Mittelpunkt der wahre, aus der ruhenden Sonne gesehene Stern und dessen Halbmesser, aus der Sonne betrachtet, unter dem Winkel von $20{,}_{25}$ Secunden erscheint. Dieser Kreis ist es, der, wenn er auf der Fläche des Himmels projicirt wird, daselbst die oben erwähnte Aberrationsellipse gibt.

§. 77. (Messung der Geschwindigkeit des Lichts). Wir haben bisher die Erscheinungen der Aberration durch die Annahme darzustellen gesucht, daß die scheinbare Gesichtslinie des Sterns gegen die wahre auf der Seite, nach welcher sich die Erde hin bewegt, um einen constanten Winkel geneigt ist, und haben aus dieser Annahme den Schluß gezogen, daß der scheinbare Ort des Sterns um den mittlern während der Zeit eines Jahres eine Ellipse beschreiben werde, deren große Axe bei allen Sternen mit der Ecliptik parallel, und gleich $40''{,}_5$ ist, während die kleine Axe mit der Breite des Sterns abnimmt, und für Sterne in der Ecliptik gänzlich verschwindet.

Diese Hypothese stellt allerdings, wie wir gesehen haben, die Beobachtungen Bradley's vollkommen dar, und wir könnten uns sonach damit begnügen. Allein, welches ist die Ursache, die diesen scheinbaren Ort des Sterns immer nach der Gegend des Himmels treibt, auf welche die Erde selbst in ihrer jährlichen Bahn in jedem Augenblicke zugeht. Sollte diese kleine Erde auf jene unendlich weit von ihr entfernten Fixsterne in der That einen so sonderbaren Einfluß äußern?

Da die beobachteten Aenderungen der Aberration allen Sternen, ohne Ausnahme, zukommen; da jene Abweichung der scheinbaren Gesichtslinie derselben sich offenbar nach dem Laufe der Erde richtet, da die Aenderungen der Breite der Sterne, wie wir gesehen haben, mit der Nähe derselben bei der Ecliptik im unmittelbaren Zusammenhange steht, und da endlich die Periode aller dieser Aenderungen, der Länge sowohl als der Breite, genau dieselbe Länge, wie die Umlaufzeit der Erde um die Sonne hat, so

ist wohl nicht weiter zu zweifeln, daß diese Bewegungen der Sterne nur scheinbar sind, und bloß durch die Bewegung der Erde, gleichsam wie durch eine optische Täuschung, hervorgebracht werden, und daß sie daher als ein Beweis für die Existenz dieser jährlichen Bewegung der Erde angesehen werden könnten, indem, wenn unsere Erde, also auch unser Auge, still stünde, gar nicht abzusehen wäre, wie dann eine solche Verrückung aller Sterne möglich seyn könnte.

Um aber die wahre Ursache der Aberration aus der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne abzuleiten, müssen wir zuerst eine andere Betrachtung vorausschicken.

Unter den Planeten, die, gleich unserer Erde, um die Sonne laufen, ist der schon oben erwähnte Jupiter, wegen seiner Größe, wegen seiner mäßigen Entfernung von der Erde, und vorzüglich wegen der vier Monde, die ihn umgeben, sehr wichtig, und die Entdeckung dieser Monde durch Galilei, gleich nach der Erfindung des Fernrohrs, bildet eine der interessantesten Epochen in der Geschichte der Astronomie. Indem diese vier Satelliten um den Jupiter ihren Umlauf machen, treten sie fast in jeder Nacht in den Schatten, welchen der große Körper dieses Planeten hinter sich wirft, wo dann die Beobachter Jupiters das für sie so oft wiederkehrende Schauspiel einer Mondsfinsterniß haben, an welcher auch wir, durch Hilfe unserer Fernröhre, Theil nehmen können.

Diese Finsternisse gaben uns, wie ebenfalls schon Galilei bemerkte, die erste Auflösung des für die Nautik und für die gesammte mathematische Geographie so wichtigen Problems, die Länge des Beobachtungsortes auf der Erde oder auf der hohen See zu finden. Die Beobachtungen der Bewegungen dieser vier Monde um ihren Hauptplaneten würden mit Recht als eine schöne Bestätigung des neuen, von Copernicus aufgestellten Weltsystems angesehen werden. Denn jener Planet mit seinen Satelliten bildet gleichsam ein isolirtes System am Himmel, in welchem wir, wie in einem getreuen Abbilde, diejenigen Veränderungen, die sich unter den übrigen Planeten erst in dem Zeitraume von vielen Jahrhunderten entwickeln, rasch aufeinander folgen sehen, in welchen wir das bereits erwähnte Gesetz Keplers, wodurch die Distanzen

der Planeten nach ihren Umlaufzeiten geregelt werden, und selbst die gegenseitigen Perturbationen oder die Wirkungen dieser Körper unter einander, wie in einem Spiegel abgebildet erblickten, und in welchen endlich die Natur, um das Maß des Interesses, das sie in diese kleine Welt von Monden legte, voll zu machen, uns ein Mittel geboten hat, die Geschwindigkeit ihres schnellsten Körpers, des Lichts, zu messen.

Um die erwähnten Verfinsterungen dieser Monde zu geographischen Längenbestimmungen zu benützen, bestimmte man, aus lange fortgesetzten Beobachtungen, den Umlauf der Satelliten um Jupiter, und suchte daraus die Zeiten ihrer Finsternisse zu berechnen. Der dänische Astronom, Olof Roemer, war der erste, der um das Jahr 1675, also 50 Jahre vor Bradley's Entdeckung der Aberration, die Bemerkung machte, daß diese Rechnungen zwar zur Zeit, als Jupiter mit der Sonne in den Quadraturen war, sehr gut, aber dafür desto weniger in den Syzygien mit den Beobachtungen übereinstimmten, daß diese Finsternisse nämlich zur Zeit der Opposition um nahe 8 Minuten und 13 Secunden früher, und in der Conjunction eben so viel später, als die Berechnung gab, beobachtet wurden. Ist z. B. Jupiter in ♃ (Fig. 8), und die Sonne in S, so ist die Erde zur Zeit der Opposition in b und zur Zeit der Conjunction in d, also in der letzten Zeit um die ganze Strecke bSd, das heißt, um den Durchmesser der Erdbahn, weiter, als in der ersten Zeit, von Jupiter entfernt. Diese einfache Bemerkung der verschiedenen Entfernungen Jupiters von der Erde zur Zeit der Syzygien reichte für den Scharfsinn Römer's hin, sogleich die wahre Erklärung jener Beschleunigung und Verzögerung der Finsternisse zu finden, eine Erklärung, die so natürlich ist, daß man nicht weiter an ihrer Wahrheit zweifeln kann.

In der Conjunction sind wir von Jupiter um den ganzen Durchmesser der Erdbahn weiter entfernt, als in der Opposition. Warum sehen wir also dort alle Finsternisse um 16 Min. 26 Sec. später, als hier? — Offenbar, weil das Licht, weil der Bote, der uns diese Nachricht bringt, dort einen viel größern Weg als hier zu durchlaufen hat, um bis zur Erde zu gelangen.

Das Licht, dessen Geschwindigkeit man früher für unendlich groß gehalten hat, braucht also auch eine gewisse Zeit, um einen bestimmten Raum zu durchlaufen. Und welche Zeit? — Es legt den Durchmesser der Erdbahn, d. h. es legt den Weg von 41.316.000 Meilen in 16 Minuten und 26 Sec. zurück. Die Geschwindigkeit des Lichts in einer Secunde beträgt daher nahe 41.900 Meilen.

§. 78. (Nähere Betrachtung der Geschwindigkeit des Lichts). Bleiben wir einen Augenblick bei dieser Geschwindigkeit stehen, um sie mit der von andern uns bekannten Körpern zu vergleichen. Das in §. 68 erwähnte, schnell segelnde Schiff, das täglich hundert Meilen zurücklegt, würde den Durchmesser der Erdbahn erst in 1178 Jahren durchschiffen, und der eben daselbst angeführte Renner, der in jeder Secunde 50 Par. Fuß durchläuft, würde zu jenem Wege 594 Jahre brauchen. Eine Kanonenkugel, die in jeder Secunde 600 P. Fuß fliegt, brauchte 50 Jahre, und der Schall, der jede Secunde 1038 P. Fuß zurücklegt, braucht 29 Jahre, und das Licht endlich, das in jeder Secunde durch 41.900 Meilen fliegt, braucht zu demselben Wege von mehr als 41 Millionen Meilen noch nicht einmal 16½ Minuten, oder nur etwas weniges mehr als eine Viertelstunde. — Die sogenannte Reise um die Welt oder den Umkreis der Erde von 5400 Meilen würde ein Wanderer, wenn er auch täglich 10 Meilen macht, erst in 540 Tagen oder nahe in 1½ Jahren zurücklegen; jenes Schiff braucht dazu 55 Tage, jene Kanonenkugel 2½ Tage, der Schall nur 1⁴⁄₁₀ Tage, und das Licht bloß den zehnten Theil einer Secunde. Also in einer einzigen Secunde, in der Zeit, die wir brauchen, mit unsern Augenliedern zu winken, in der Zeit eines einzigen Flügelschlags des mächtigsten Adlers, schwingt sich das Licht, gleich einer ungeheuern Schlange, in großen Kreisen, zehnmal um die ganze Erde. Und doch würde dasselbe Licht, mit dieser uns unbegreiflichen Geschwindigkeit, um nur von dem nächsten Fixstern in gerader Linie oder auf dem kürzesten Wege bis zu uns zu gelangen, wie wir §. 70 gesehen haben, über drei volle Jahre brauchen.

§. 79. (Andere wichtige Eigenschaften des Lichts). Und diese erstaunenswürdigen Resultate sind eine Folge von einfachen Rechnungen, die so leicht sind, daß sie ohne Zweifel jeder Leser mit

uns gemacht hat. Wer von uns würde, wenn er sie nicht machen könnte, von dem Interesse, welches dieser Gegenstand einflößt, unwiderstehlich angezogen, diese einfachen Rechnungen, und durch sie den einzigen Weg nicht kennen lernen wollen, auf welchem man zur Kenntniß dieser Resultate, und zur Ueberzeugung gelangen kann, daß sie der Wahrheit vollkommen gemäß, und über allen Zweifel erhaben sind. Möchte dieß doch bei den Lesern dieser Blätter eine Veranlassung seyn, auch die andern, minder einfachen Theile der mathematischen Analysis etwas näher kennen zu lernen. Wir werden später noch oft andere nicht minder überraschende, nicht minder wunderbare Resultate unserer Wissenschaft mitzutheilen Gelegenheit haben, aber nur selten wird es uns vergönnt seyn, von ihnen, so wie hier, auch ihre Beweise mitzutheilen, weil diese Kenntnisse jene Analysis erfordern, die wir, dem Zwecke dieser Schrift gemäß, bei den Lesern nicht voraussetzen. Alsdann werden wir, des besten Willens ungeachtet, gezwungen seyn, die schönsten Blüthen und Früchte der Wissenschaft, ohne ihre Gründe, nur historisch mitzutheilen, und die Leser, sie auf Treu und Glauben anzunehmen. So weiß man z. B., um nur bei dem Lichte, das jetzt den Gegenstand unserer Betrachtung bildet, stehen zu bleiben, man weiß mit derselben Ueberzeugung, mit welcher wir so eben die Geschwindigkeit desselben kennen gelernt haben, daß es, wenn es die Oberfläche eines Körpers trifft, jeden einzelnen Punkt oder jedes Atom des Körpers in Schwingungen versetzt, die mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit, und in regelmäßig wiederkehrenden Perioden, vor sich gehen. Die Schnelligkeit dieser Schwingungen ist so groß, daß mehre hundert Billionen derselben noch nicht eine Secunde Zeit erfüllen. Diese Schwingungen, welche den Elementen der Körper sowohl, als auch unseren Sehnerven durch das Licht mitgetheilt werden, sind die eigentliche Ursache, daß wir diese Körper mit unseren Augen fühlen, d. h. daß wir sie sehen, und eben so sind die Unterschiede in der Wiederkehr ihrer Perioden die Ursache von den verschiedenen Farben, unter welchen uns die Körper der Natur erscheinen. Um z. B. einen Gegenstand in der rothen Farbe zu sehen, werden die Elemente unserer Augennerven, gleich den Vibrationen einer tönenden Saite, 480 Billionenmal, durch die gelbe Farbe 540 Billionenmal, und durch

die violette Farbe 700 Billionenmal während einer Secunde auf und niedergeschwungen.

Die Kraft, mit welcher die Erde alle Körper auf ihrer Oberfläche an sich hält, ist ohne Zweifel viel größer, als alle uns bekannten Kräfte, die wir durch unsere Maschinen, durch die Presse, durch das Schwungrad, durch das Schießpulver oder durch die Spannkraft unserer Dämpfe hervorbringen können, da jene Kraft es ist, die selbst den über 50.000 Meilen entfernten Mond noch an die Erde kettet, und ihn zwingt, um sie seine vorgezeichnete Bahn zu beschreiben. Dessenungeachtet ist aber diese Schwerkraft, diese Anziehung, wie sie jedem Elemente der Erde inwohnt, nur ein unendlich kleiner Theil jener in der That bewunderungswürdigen Kraft, mit welcher das Licht von jedem Atom der Körper angezogen wird. Es ist bekannt, daß der in einer geraden Linie an den Körper kommende Lichtstrahl von den Elementen des Körpers erst dann angezogen, oder, bei spiegelnden Flächen abgestoßen wird, wenn das Licht diesen Elementen schon gleichsam unendlich nahe ist. Ueberdieß kann die eigentliche Wirkung dieser Kraft, wegen der ungemeinen Geschwindigkeit des Lichts, nur eine unendlich kleine Zeit durch währen, und doch bewirkt diese Anziehung des Elements in dem geradlinigen Lichtstrahl oft schon eine gleichsam urplötzliche Beugung von dreißig und mehr Graden. Die mathematische Analyse zeigt, daß die Schwerkraft eines kugelförmigen Elements der Erde, dessen Durchmesser den tausendsten Theil eines Zolls beträgt, nur den zweimalhundert tausend millionsten Theil der Schwerkraft der ganzen Erde beträgt, und daß im Gegentheile die Kraft, mit welcher ein eben so großes körperliches Element, das in dem Lichtstrahle eine Beugung von dreißig Graden erzeugt, das Licht anzieht, jene Schwerkraft des Elements mehr als tausend septillionenmal übertrifft, so daß also, wenn die allgemeine Schwerkraft desselben die Einheit ist, die Attractionskraft des Atoms gegen das Licht durch eine Zahl ausgedrückt wird, die wenigstens aus 45 Ziffern besteht. — Wer sollte wohl so gefühllos, so gleichgültig stumpf seyn, um nicht gern zu erfahren, auf welche Weise und durch welche Mittel man zu Kenntnissen dieser Art, zu Dingen gekommen ist, die dem mit der Mathematik Unbekannten mehr wie Visionen eines Wahnwitzigen,

als wie Resultate einer strengen und geregelten Untersuchung erscheinen müssen.

Doch kehren wir von diesen Betrachtungen wieder zu unserm Gegenstande, zu der Geschwindigkeit des Lichts, zurück, und sehen wir, auf welche Weise dieselbe mit den oben erläuterten Erscheinungen der Aberration in Verbindung stehen mag.

§. 80. (Zerlegung der Kräfte). Wenn ein Körper mit einer bestimmten Kraft, die z. B. dem Druck von 30 Pfunden gleich ist, nach einer bestimmten Richtung, z. B. von Süd nach Nord, getrieben wird, und wenn noch eine andere Kraft, etwa von 10 Pfund, hinzukömmt, deren Richtung dieselbe mit der vorhergehenden ist, so ist es offenbar gleichviel, ob diese beiden Kräfte von 30 und von 10 Pfunde jede für sich, aber beide zugleich auf den Körper wirken, oder ob derselbe nur von einer einzigen Kraft von 40 Pfunden getrieben wird, die gleich der Summe jener beiden Kräfte und deren Richtung dieselbe mit der jener beiden Kräfte ist. Wenn aber die erste Kraft von 30 Pfund den Körper nach Nord, und die andere von 10 Pfund ihn in der entgegengesetzten Richtung nach Süd treibt, so wird diesen beiden Kräften eine andere gleichgeltend seyn, die den Körper mit der Gewalt von 20 Pfunden nach Nord treibt, deren Größe also die Differenz und deren Richtung mit jener der größern der beiden ersten Kräfte dieselbe ist. Dieß ist für sich klar, und bedarf keiner weitern Erläuterung. Nach dem Begriffe, den man in der Mechanik mit dem Worte Kraft verbindet, wird die doppelte Kraft eine doppelte, die dreifache Kraft eine dreifache Bewegung oder Geschwindigkeit des Körpers hervorbringen, diese vielfache Kraft mag entweder auf einmal, oder auch theilweise, oder nach und nach an dem Körper angebracht werden; und wenn dieser Körper schon vor der Wirkung dieser Kräfte nach einer gewissen Richtung in Bewegung war, so wird die durch die hinzukommende Kraft entstandene Bewegung zu jener ersten addirt, wenn sie dieselbe Richtung, oder von ihr subtrahirt, wenn sie eine entgegengesetzte Richtung hat.

Wenn aber die Richtungen der beiden auf einen Körper wirkenden Kräfte weder dieselben, noch auch einander entgegengesetzt sind? Wenn z. B. die erste Kraft von 30 Pf., nach der Richtung PA (Fig. 15) wirkend, allein den Körper in einer Secunde

durch den Weg Pa, und die zweite Kraft von 10 Pf. nach der Richtung PB ebenfalls allein wirkend, den Körper in derselben Zeit durch den Weg Pb treiben würde, wo wird, am Ende dieser Secunde, der Körper P seyn? — Um diese Frage zu beantworten, ziehe man durch den ersten Punkt a eine mit dem zweiten Weg BP, und eben so durch den zweiten Punkt b eine mit dem ersten Weg PA parallele Linie, und nenne c den Durchschnittspunkt dieser beiden Parallelen, so wird der Körper am Ende der ersten Secunde in diesem Durchschnittspunkte c seyn. Man nennt aber jedes Viereck, dessen zwei gegenüberstehende Seiten parallel sind, ein Parallelogramm, und in demselben die gerade Linie Pc, welche zwei gegenüberstebende Winkelspitzen verbindet, die Diagonale des Parallelogramms. — Wenn also zwei Kräfte von gegebener Größe Pa und Pb unter einem gegebenen Winkel APB auf einen Körper P wirken, so wird die Wirkung dieser beiden Kräfte zusammen gleichgeltend seyn einer einzigen Kraft Pc, welche, ihrer Größe sowohl als ihrer Richtung nach, durch die Diagonale des Parallelogramms dargestellt wird, dessen Seiten Pa und Pb die Größe und Richtung der beiden gegebenen Seitenkräfte ausdrücken. Denn da die erste jener zwei gegebenen Kräfte den Körper nach der Richtung der Linie PA, die der bc parallel ist, treibt, so wird diese Kraft die von der zweiten Kraft herrührende Geschwindigkeit des Körpers, mit welcher er sich der Linie bc nähert, nicht ändern, oder der Körper wird sich dieser Linie bc immer auf dieselbe Weise nähern, die erste Kraft nach PA mag auf ihn wirken oder nicht, und er wird daher, am Ende jener Secunde, irgendwo in dieser Linie bc seyn. Ganz eben so wird man aber auch zeigen, daß er, bloß durch die Wirkung der ersten Kraft, am Ende derselben Secunde, irgendwo in der Linie ac seyn, daß er also, am Ende dieser Zeit, zugleich in der Linie bc und in der Linie ac, d. h. daß er in dem Durchschnittspunkte dieser beiden Linien seyn müsse.

Man wird also je zwei ihrer Größe und Richtung nach gegebenen Seitenkräften Pa und Pb eine einzige ihnen gleichgeltende mittlere Kraft Pc substituiren können, und da die Wirkungen der Kräfte durch die Wege, welche sie die Körper beschreiben machen, oder durch die Geschwindigkeiten dieser Körper, gemessen werden,

so wird man auch die Wege und die Geschwindigkeiten der Körper eben so zerlegen und zusammensetzen können, wie wir dieß eben bei den Kräften selbst gethan haben. Ein Körper also, der in derselben Zeit zugleich durch den Weg Pa und durch den Weg Pb gehen soll, wird durch den Weg Pc gehen; oder ein Körper, dessen Geschwindigkeit nach der Richtung PA gleich Pa, und nach der Richtung PB gleich Pb ist, wird eigentlich die Geschwindigkeit Pc nach der Richtung PC haben.

Dasselbe Parallelogramm, durch dessen Hilfe wir zwei Kräfte oder zwei Geschwindigkeiten auf eine einzige, jenen beiden gleichgeltende, gebracht haben, wird uns auch dienen, jede einzelne gegebene Kraft oder Geschwindigkeit Pc auf zwei andere Pa und Pb zu bringen, die, beide zusammengenommen, jener gegebenen einzelnen Kraft gleichgeltend sind. Wir werden zu diesem Zwecke die gegebene Größe ac als die Diagonale eines Parallelogramms ansehen, oder auf ihr, als Grundlinie, ein willkührliches Dreieck Pca errichten, und auf der andern Seite von Pc die Linie Pb mit ca und cb mit Pa parallel ziehen, wo dann die Linie Pa und Pb die beiden gesuchten Seitenkräfte vorstellen werden. Am einfachsten wird es seyn, wenn man von all' den Dreiecken Pca, die man über der Basis Pc errichten kann, ein bei a rechtwinkliges Dreieck wählt, wo dann die beiden Seitenkräfte Pa und Pb selbst auf einander senkrecht stehen werden. Nennt man für diesen Fall r die mittlere, nach der Diagonale Pc des Rechtecks Pabc gerichtete Kraft, und bezeichnet beide Seitenkräfte Pa durch x und Pb durch y, so wie den Winkel aPc durch a, so hat man die drei einfachen Ausdrücke

$$r^2 = x^2 + y^2,\ x = r\mathrm{Cos}a \text{ und } y = r\mathrm{Sin}a$$

woraus man, wenn die Seitenkräfte x, y gegeben sind, die mittlere Kraft r und ihren Winkel a mit x, oder wenn die mittlere Kraft r mit ihrem Winkel a gegeben ist, die beiden unter sich senkrechten Seitenkräfte leicht, und ohne alle Mühe bestimmen wird.

Diese einfache Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte ist durch das ganze Gebiet der Mechanik von der größten Wichtigkeit, so daß nur wenige Probleme dieser Wissenschaft gefunden werden, in welchen man sie nicht mit Nutzen an-

wenden könnte. Wir wollen nur einige Beispiele aus dem gemeinen Leben kurz anführen.

Wenn bei ganz ruhigem Wetter die Regentropfen senkrecht zur Erde fallen, so treffen sie den senkrecht stehenden Wanderer in seinem Scheitel, aber so wie er, in irgend einer Richtung dem Regen zu entlaufen sucht, scheinen dieselben Tropfen alle die Richtung gegen sein Gesicht zu nehmen, und er hat dieselbe Empfindung, als stünde er noch still, während ein in der entgegengesetzten Richtung seines Laufes wehender Wind ihm den Regen ins Gesicht führte.

Wir fühlen im Gehen den uns gerade entgegen blasenden Wind stärker, weil es uns scheint, daß er, außer seiner eigenen Geschwindigkeit, auch noch diejenige habe, mit welcher wir selbst ihm entgegenlaufen. Wenn der Wind von Westen weht, und wir gehen gen Süden, so haben wir dieselbe Empfindung, als wenn der Wind, außer seiner wahren Bewegung von Westen, auch noch eine andere von Süden hätte, d. h. als wenn er von Südwest käme; und diese neue Richtung des Windes wird uns desto näher aus Süden zu kommen scheinen, je schneller wir selbst gegen Süden laufen.

Sey M (Fig. 16) der Vordertheil, und N der Hintertheil eines Schiffes, dessen Segel in der Richtung AB aufgestellt ist, während der Wind in der sehr schiefen Lage EC weht, die das Schiff mehr rück- als vorwärts zu treiben scheint. Drückt die Länge der Linie EC die Kraft oder die Größe des Windes aus, so sey ACDE ein Rechteck, an welchem EC die Diagonale ist. Man wird also statt dieser Kraft EC des Windes zwei andere Kräfte oder zwei andere Winde substituiren können, von welchen der eine CA nach der Richtung des Segels wehen, und daher weder auf das Segel, noch auf das Schiff weiter wirken wird, während der andere CD die Fläche des Segels senkrecht trifft, und seine ganze Kraft gegen dasselbe ausübt. Wir wollen daher nur mehr die Wirkung dieses letzten Windes betrachten, und diese Linie CD verlängern, bis Cd gleich CD wird. Betrachtet man auch hier die Linie Cd als die Diagonale eines Rechtecks abdC, so wird der für das Schiff noch wirkende Theil Cd des Windes in zwei andere Ca und Cd aufgelöst, und von diesen wirkt der

erste Ca in der Direction NM des Schiffkiels oder längs des Weges, welchen das Schiff nehmen soll, und der andere Cd senkrecht auf diesen Weg oder senkrecht auf die Länge des Schiffs. Da aber das Schiff absichtlich so gebaut worden ist, daß es viel leichter in der Richtung seiner Länge NM, als in der bC seiner Breite bewegt werden kann, so wird es ungeachtet der ersten sehr ungünstigen Richtung EC des Windes mit beträchtlicher Geschwindigkeit nach der Richtung Ca oder längs seines Kieles, und nur sehr wenig in der darauf senkrechten Richtung bC fortgehen, welcher letztere Weg in der englischen Schiffersprache bekanntlich der Lee-way des Schiffes heißt. In diesem Beispiele sind demnach zwei auf einander folgende Auflösungen der Kräfte enthalten, da zuerst der ursprüngliche Wind EC in die zwei Seitenwinde DC und AC zerfällt wird, von welchen der zweite ganz unwirksam, und der erste DC oder dC wieder in die beiden Ca und Cb sich auflöst. Der bloße Anblick der Zeichnung zeigt schon, daß der Weg Ca, den das Schiff durch Hilfe des ursprünglichen Windes EC zurücklegt, desto größer seyn wird, je größer erstens die Kraft dieses Windes, d. h. je größer die Linie EC, und je größer zweitens der Winkel MCE ist, unter welchem er gegen den Kiel MN des Schiffes gerichtet ist.

§. 81. (Physische Ursache der Aberration). Nehmen wir nun, um noch einige Augenblicke bei unserem letzten Gleichnisse zu bleiben, an, es befinde sich ein Reisender auf einem Schiffe A B (Fig. 17), das die Gestalt eines Rechteckes hat, und auf einem Strome von West nach Ost oder von A nach B fährt. Auf dem Boden des Schiffes seyen die auf die Seiten des Schiffes senkrechten Linien mn, m′ n′, m″ n″.. gezogen, die also alle von Süd nach Nord gehen, oder Mittagslinien vorstellen. Nehmen wir noch an, daß eine Kanonenkugel, vom südlichen Ufer, gerade in der Richtung der Mittagslinie kommend, das Schiff in dem Punkte m′ treffe, und beide Seitenwände desselben durchschlage. Wenn das Schiff stille steht, so wird die in m′ einbrechende Kugel das Schiff wieder in n′ verlassen, oder der Weg der Kugel innerhalb des Schiffsraumes wird genau eine jener auf dem Boden desselben verzeichneten Mittagslinien m′ n′ seyn. Wenn aber das Schiff sich sehr schnell von West gen Ost bewegt, so wird es, nachdem die

Kugel in m' durch die erste Wand geschlagen, einen gewissen Weg zurücklegen, bis die Kugel durch die zweite Wand bricht, und dieser Weg des Schiffs wird desto größer seyn, je größer die Geschwindigkeit des Schiffs in Vergleichung mit der Geschwindigkeit der Kugel ist. Wären die Geschwindigkeiten beider gleich, so ist klar, daß das zweite Loch n des Schiffes eben so weit von der Mittagslinie m' n' des ersten Loches m' gegen West abliegen würde, als das Schiff selbst breit ist, daß also die beide Löcher m' und n verbindende Linie m' n mit der Mittagslinie m' n' einen Winkel von 45 Graden bilden wird, und daß daher auch der Reisende in dem Schiffe, der nicht wußte, daß das Schiff selbst in Bewegung ist, glauben wird, man habe sein Schiff in dieser Richtung von 45 Graden gegen die Mittagslinie, durchschossen, da man doch in der That in der Richtung der Mittagslinie selbst darauf geschossen hat.

Wollte er nun, um Wiedervergeltung zu üben, aus seiner eigenen Kanone, in dem Schiffe auf den Schützen am südlichen Ufer zurückschießen, und würde er, seinem erwähnten Glauben zu Folge, seine Kanone ebenfalls unter 45 Graden gegen die Mittagslinie, also in dieselbe Richtung nm' stellen, welche, nach seiner Ansicht, die Richtung des Schusses vom Ufer war, so würde er seine Schiffskanone um volle 45 Grade falsch gerichtet haben.

Oder auch, wollte man das Schiff gegen solche von dem südlichen Ufer in der Richtung der Mittagslinie abgeschossene Kugeln dadurch wenigstens in einem Punkte m', etwa in der Nähe der Pulverkammer, sicher stellen, daß man in m' und n' eine Oeffnung in den Seiten des Schiffs anbrächte, und sie mit einer starken metallenen Röhre in der Richtung der Mittagslinie m' n' verbände, durch welche die Kugel, wenn sie in m' ankömmt, frei durchgehen soll, so würde man dadurch seinen Zweck nicht erreichen, weil die Kugel, obschon sie in der Richtung der Mittagslinie abgeschossen wird, in dem Schiffsraume doch nicht den mit der Mittagslinie parallelen, sondern den um 45 Grade gegen jenen gelegten Weg m' n zurücklegte, daher man also auch jener Röhre dieselbe Lage m' n geben muß, wenn die Kugel in der That durch dieselbe frei durchgehen soll, ohne die Wand der Röhre zu treffen, und ohne das Schiff zu verletzen. Alles unter

der oben gegebenen Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit der Kugel und des Schiffs einander gleich, und die Richtungen beider Bewegungen auf einander senkrecht sind, wie oben, bloß der größern Einfachheit wegen, angenommen worden ist. Hätte diese Voraussetzung nicht Statt, und wäre z. B. die Geschwindigkeit der Kugel zehn- oder hundertmal größer, als die des Schiffs, so würde der Winkel nm′n′ nicht mehr 45 Grade betragen, aber seine wahre Größe würde sich aus den in §. 81 gegebenen Formeln in allen Fällen leicht finden lassen. Jenem Ausdrucke zu Folge wird nämlich, wenn m′n′ die Geschwindigkeit der Kugel, und n′n die des Schiffs bezeichnet, die Größe $\frac{nn'}{n'm'}$ gleich der Tangente des gesuchten Winkels nm′n′ seyn. Ist z. B. die Geschwindigkeit der Kugel 10 oder 100mal größer als die des Schiffs, so ist jener Winkel gleich $5°{,}_7$ oder gleich $0°{,}_6$.

Was von diesem Schiffe und seiner Röhre gesagt worden ist, gilt nun ebenfalls von dem großen Weltschiffe, der Erde, und von unsern Fernröhren, mit welchen wir die Gegenstände des großen Oceans, die wir auf unserer Reise um die Sonne befahren, zu betrachten pflegen. Auch diese Fernröhre müssen gegen die Gestirne so gerichtet werden, daß das Licht, welches von den Sternen ausgeht, ohne an die Wände des Fernrohrs zu stoßen, frei durchgehen, und zu unserem Auge gelangen können.

Um diese Richtung des Fernrohrs oder des scheinbaren Lichtstrahls gegen die wahre zu finden, werden wir, nach dem Vorhergehenden, die Geschwindigkeit der Erde durch die des Lichtes dividiren, wo dann der Quotient dieser beiden Zahlen die Tangente des gesuchten Winkels seyn wird, den der scheinbare Lichtstrahl mit dem wahren bildet. Die Erde legt aber in ihrer jährlichen Bahn um die Sonne während einer Secunde $4{,}_{113}$, und das Licht legt, wie wir oben (§. 77) gesehen haben, in derselben Zeit 41.900 Meilen zurück. Der Quotient beider Zahlen ist aber $0{,}_{0000981623}$ und dieß ist die Tangente von $20{,}_{25}$ Secunden, also genau derselbe Winkel, den wir oben (§. 76) unmittelbar aus den beobachteten Erscheinungen der Aberration abgeleitet haben. Diese schöne Uebereinstimmung der aus der bekannten Geschwindigkeit

des Lichtes gefundenen Theorie der Bewegung der Fixsterne mit den unzähligen Beobachtungen, die seitdem an diesen Fixsternen mit den genauesten Instrumenten angestellt worden sind, ist daher nicht bloß ein neuer Beweis für die Richtigkeit von Römer's Entdeckung, sondern sie gibt auch zugleich der bereits im vorhergehenden Kapitel als sehr wahrscheinlich gefundenen jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne einen Grad von Bestätigung, der unmittelbar an das volle Licht der Wahrheit gränzt, und dessen sich wohl nur wenige Hypothesen der Astronomie und der Physik zu erfreuen haben mögen.

Betrachten wir zum Schlusse dieses Gegenstandes, indem wir unsere Augen auf die bereits zurückgelegte Bahn rückwärts wenden, einen Augenblick die Weise, auf welche, und die kleinen Mittel, durch welche die Entdeckungen, deren wir bereits erwähnt haben, gemacht worden sind. Eine Linie, kaum so groß, als der zehnte Theil eines Zolls, um die nämlich das Secundenpendel in Südamerika kürzer gefunden wurde, als in Paris, lehrte uns die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe, das Verhältniß der Centrifugalkraft derselben zu ihrer Schwere, die Verschiedenheit dieser Schwere auf der Oberfläche der Erde, und endlich die Gestalt und die Abplattung derselben an ihren Polen kennen, die selbst wieder so klein ist, daß sie nur den dreihundertsten Theil ihres Halbmessers beträgt. Dieses Pendel, das heißt, eine einfache, mit einem Gewichte versehene Schnur, gab uns ein Maß, damit die wahre Größe der Schwere unserer Erde oder den Raum, den frei fallende Körper zurücklegen, mit einer Genauigkeit zu messen, die uns kaum über den hunderttausendsten Theil dieser Größe ungewiß läßt, und es lehrte uns zugleich die Wirkungen derselben Schwere auf den Mond, in einer Entfernung von 50.000 Meilen von uns, mit einer noch größeren Schärfe zu bestimmen. Andere Messungen, mit scheinbar noch viel geringeren Mitteln, mit dem schwächsten Spinnenfaden im Brennpunkte unserer Fernröhre, zeigten uns die Entfernung der Sonne von mehr als zwanzig Millionen Meilen, sowohl als auch die nicht minder erstaunenswürdige Größe dieses Himmelskörpers, dessen Volumen eine und eine halbe Million größer ist, als das unserer Erde. Dieselben Spinnenfäden und ein Stückchen Glas, auf Thon abge-

rieben, lehrte uns die ungeheuren Distanzen der Fixsterne kennen, die wenigstens zweimalhunderttausendmal weiter, als selbst die Sonne, von uns entfernt sind, und sie lehrten uns endlich die Geschwindigkeit des schnellsten Körpers der Natur, des Lichtes, messen, und in der Aberrations-Ellipse der Fixsterne, an dem Himmelsgewölbe, wie in einem verkleinernden Hohlspiegel die große Bahn der Erde von nahe 130 Millionen Meilen im Umfange erkennen, von welchen jene kleine, mit unbewaffnetem Auge nicht einmal sichtbare Ellipse als ein getreues Miniaturgemälde betrachtet werden kann.

Welche Resultate, und mit welchen Mitteln wurden sie erhalten! Welche andere Wissenschaft hat ähnliche Siege mit ähnlichen Waffen aufzuweisen. Wohl mag es uns gegönnt seyn, die Astronomie als den Triumph des menschlichen Geistes, als den Gegenstand des gerechten Stolzes des Menschen zu preisen, der mit den Augen der Milbe jenen belebten Bläschen zusieht, von denen Tausende einen Wassertropfen bewohnen, und die heerdenweise durch das Oehr einer Nadel ziehen, und der dann, wenn er von diesen Welten im Kleinen, die ihn in zahllosen Mengen nach allen Seiten umgeben, seinen Blick aufwärts, zu den großen Welten über ihn erhebt, mit den Augen eines Cherubs sich in die ungemessenen Höhen des Himmels schwingt, und Räume durchwandert, vor deren Größe selbst die kühnste Einbildungskraft erschrocken zurückbebt. Die Leser werden, wir hoffen es auch, in der Folge noch oft Gelegenheit haben, diese Bemerkung selbst zu bestätigen, da wir bisher nur wenige Schritte über den Eingang des erhabenen Tempels der Natur gemacht haben, und uns bei weitem der größte Theil dessen, was sein Inneres birgt, noch völlig unbekannt ist.

Kapitel VII.

Jahreszeiten.

§. 82. (Vortheile der Abwechslung der Jahreszeiten.) Nachdem wir in dem Vorhergehenden die Existenz der Bewegung der Erde um die Sonne über allen Zweifel erhoben haben, wollen wir in dem gegenwärtigen Kapitel eine der wichtigsten Folgen dieser Bewegung, verbunden mit der täglichen Rotation der Erde um ihre Axe, näher betrachten.

Dieser Doppelbewegung der Erde verdanken wir unsere Tages- und Jahreszeiten, zwei der wohlthätigsten Geschenke des Himmels, ohne die unser Leben nicht den tausendsten Theil des Reizes hätte, der uns jetzt so innig an dasselbe kettet, daß selbst der Unglücklichste von uns es nur mit Schmerz und widerstrebendem Kampfe verlassen kann. Wie wir uns an jedem Morgen, nach einem erquickenden Schlafe, mit neuen Kräften der kommenden Sonne entgegen erheben, so gießt auch jeder wiederkommende Frühling wieder sanfte Wärme in unsere Adern und, erfüllt uns mit neuen Hoffnungen, indem er die ganze Natur aus ihrem starren Winterschlafe erweckt und unsere Gärten und Fluren mit duftenden Blühten schmückt. Wenn diese wohlthätigen Veränderungen auf der Oberfläche unserer Erde nicht existirten, wie würde es dann um die gesammte Vegetation, um das Leben der Pflanzen und Thiere, um die Verschiedenheit der Erzeugnisse des Bodens und der Manufacturen, wie würde es um den Länder

verbindenden Handel, um unsere geistige Cultur, um uns selbst stehen?

§. 83. (Wenn die Erde eine andere, oder gar keine Rotation um ihre Axe hätte.) Nehmen wir auf einen Augenblick an, daß die Erde sich so um die Sonne bewegt, wie der Mond um die Erde geht, der ihr immer dieselbe Seite zuwendet, während die andere ewig von ihr abgekehrt bleibt, der also in derselben Zeit, in welcher er um die Erde geht, sich auch um seine eigene Axe dreht. Dann würde also auch die eine Hälfte unserer Erde nie das Licht der Sonne schauen und immerdar in finsterer Nacht begraben liegen. Wenn der Welttheil, den wir bewohnen, wenn Europa dieser unglücklichen Hemisphäre angehörte, wie ganz anders würde dann die Geschichte desselben, ja die des gesammten Menschengeschlechtes aussehen, wenn überhaupt noch zur ewigen Finsterniß verwünschte Wesen — eine Geschichte ihrer Thaten und Erfindungen haben können.

Oder wenn die Erde zwar eine jährliche Bewegung um die Sonne, aber keine tägliche um ihre eigene Axe hätte? — Dann würden wohl alle Theile der Erde sich nach und nach der Sonne zuwenden, Tag und Nacht würden auf ihr wechseln, aber welch ein Tag und welche Nacht! — Jeder dieser zwei Tagszeiten würde ein volles halbes Jahr währen und im Laufe des ganzen langen Sonnenjahres würde jeder Ort der Erde gleich unseren gegenwärtigen Bewohnern der beiden Pole, sechs Monate die Sonne sehen und sechs andere in tiefer Nacht und in einer alles erstarrenden Kälte vertrauern. Ohne Zweifel würde auch eine solche Einrichtung, so weit sie auch der vorhergehenden vorzuziehen seyn mag, auf die Befriedigung der ersten Bedürfnisse und auf alle Bequemlichkeiten des Lebens, die uns jetzt so theuer und unentbehrlich scheinen, den ungünstigsten Einfluß äußern, und so oft die arge, halbjährige Nacht mit ihren schwarzen Schwingen sich über dem Lande niederließe, auf welche heillose Zeitvertreibe würden Manche von uns verfallen, bloß um sich vor der immer näher rückenden, tödtenden Langeweile zu schützen.

In dieser Anordnung würde die Ebene der Erdbahn die Oberfläche der Erde immer in demjenigen Kreise schneiden, der jetzt

auf unseren Erdgloben, eben so zweckwidrig als unnütz, durch die Ecliptik bezeichnet wird, und die Folge davon würde seyn, daß alle die Orte der Erde, welche unter diesem Kreise liegen, die Sonne einmal im Jahre in ihrem Zenithe sehen und zwar sehr lange sehen würden, indem die Strahlen derselben für jeden Bewohner jener Orte beinahe zwei volle Monate durch — immer nahe senkrecht auf seinen Scheitel fallen würden. Welche lange, drückende Mittagsstunden, deren Schwüle nur wieder mit der starren Kälte der eben so langen Stunden der Mitternacht in Vergleich gebracht werden können! Auch die übrigen Menschen, die zu beiden Seiten dieses unheilvollen Kreises wohnen, würden keine Ursache haben, sich aus diesem Grunde glücklicher zu preisen, da auch sie in der zu lange anhaltenden Hitze verschmachten oder in dem halbjährigen Froste erstarren müßten. Die kalte und ein großer Theil der gemäßigten Zone endlich würde für Menschen und Thiere ganz unbewohnbar seyn.

§. 84. (Wenn die Ecliptik mit dem Aequator zusammenfiele.) Allen diesen Uebeln ist durch die einfache Einrichtung, daß die Erde in der kurzen Zeit eines Tages sich um ihre Axe dreht, wenigstens größtentheils abgeholfen. Ich sage, größtentheils, denn wenn zu dieser Umdrehung nicht noch eine Bedingung hinzu kömmt, so würde es um den schönen Wechsel unserer Jahreszeiten, den wir nun einmal weder entbehren wollen noch können, immer noch sehr mißlich stehen. Denn man lasse nur die Erde sich täglich drehen, aber in derselben Ebene drehen, in welcher sie zugleich jährlich um die Sonne geht, oder mit anderen Worten, man lasse die Ecliptik mit dem Aequator zusammen fallen. Die unmittelbare Folge dieser neuen Einrichtung würde seyn, daß überall auf der ganzen Erde und durch das ganze Jahr der Tag gleich lang mit jeder Nacht seyn, daß ein immerwährender Frühling auf der Erde herrschen, und daß von einem Wechsel der Temperatur und der Jahreszeiten keine Rede mehr seyn würde. Ob wir aber bei diesem ewigen Frühling, den unsere Dichter wahrscheinlich nur deßhalb so oft preisen, weil sie ihn nicht kennen, uns besser oder auch nur überhaupt noch erträglich befinden würden, möchte sehr zu bezweifeln seyn. Die Gegenden unter dem Aequator würden wahrscheinlich unter der sengenden Hitze ihres Klima's

verdorren; die weiter von ihm entfernten Länder würden unter ewigem Eise begraben bleiben; ein verhältnißmäßig nur sehr kleiner Theil der sogenannten temperirten Zone würde für uns noch bewohnbar seyn, und auch hier würden die meisten selbst unserer weniger edlen Früchte nicht mehr zur Reife gelangen.

§. 85. (Schiefe Stellung der Erdaxe gegen die Ecliptik.) Und welches ist die Bedingung, an die wir jene tägliche Rotation der Erde knüpfen müssen, wenn wir all' dem erzählten Ungemach entfliehen und uns des so wünschenswerthen Wechsels der Jahreszeiten auf unserer Erde in der That erfreuen wollen?

Die Natur hat diesen Zweck durch eine, wie es scheint, sehr geringfügige Einrichtung zu erreichen gewußt, indem sie nämlich der Axe, um welche sich die Erde dreht, und die wir, in unserer letzten Hypothese senkrecht auf die Ebene der Erdbahn gestellt haben, eine etwas schiefe Neigung gegen diese Ebene gab. Diese schiefe Stellung der Erdaxe gegen die Erdbahn ist die eigentliche Ursache der Jahreszeiten und die Quelle aller der reichen Segnungen, welche dadurch über uns und über unsere Erde ausgegossen werden. Wir wollen diesen wichtigen Umstand, wie er es verdient, sogleich etwas näher betrachten.

Man denke sich durch den Mittelpunkt S (Fig. 18) der Sonne eine fixe Linie SR, die auf die Ebene der Erdbahn oder der Ecliptik senkrecht steht und eine andere SP, welche mit jener den Winkel PSR gleich 23½ Grad, also denselben Winkel macht, unter welchem der Aequator gegen die Ecliptik geneigt ist. Die Erde bewege sich jährlich in dem Kreise ABCD der Ecliptik um die Sonne und drehe sich zugleich täglich um ihre Axe pq, welche letzte in allen Punkten der Erdbahn mit der zweiten der erwähnten fixen Linien, d. h. mit SP parallel bleiben soll, so daß also p den Nord- und q den Südpol der Erde vorstellt.

Dieß vorausgesetzt, gibt es vorzüglich vier Lagen der Erde gegen die Sonne, die wir hier näher betrachten wollen, nämlich die Lage A, B, C und D, wo die Erde zur Zeit des Anfangs des Frühlings, des Sommers, des Herbstes und des Winters in unserer nördlichen Hemisphäre ist. In allen diesen Lagen wird immer nahe die Hälfte der Oberfläche der Erde von der Sonne

beschienen, während die andere Hälfte im Schatten oder Dunkel bleibt, wie dieß bei jeder von einem Lichte beleuchteten Kugel der Fall ist. Aber diese beiden Hälften, die lichte und die dunkle, sind in Beziehung auf die feste Erdaxe pq in jenen vier Lagen verschieden vertheilt oder die Lichtgränze, das heißt, der größte Kreis, welcher jene beiden Hälften trennt, geht zuweilen gerade durch die beiden Pole p und q der Erde, zuweilen aber auch in beträchtlicher Entfernung rechts oder links vor diesen Polen vorbei.

Die Ebene der Lichtgränze steht nämlich immer senkrecht auf allen den Linien Sb . Sc . ., welche den Mittelpunkt der Sonne mit dem der Erde verbinden. Die Linie pq aber, oder die Erdaxe, macht mit jenen Linien einen spitzen Winkel, so lange die Erde in der Hälfte ABC ihrer Bahn ist und einen stumpfen Winkel in der anderen Hälfte CDA, während bloß in den zwei Punkten A und C, d. h. im Anfange des Frühlings und des Herbstes, dieser Winkel ebenfalls ein rechter ist. Dieser Winkel der Erdaxe mp mit der Entfernung m S der Erde von der Sonne oder der Winkel Smp ist nämlich gleich dem Winkel, unter dem man aus dem Mittelpunkte m der Erde die Entfernung der Sonne S von dem Nordpole p sehen würde, oder dieser Winkel Smp ist die Poldistanz (Einl. §. 13) der Sonne, und dieser Winkel ist am kleinsten oder gleich $90 - 23^1/_2{}^0 = 66,_5$ Grade, wenn die Erde in B ist. Von da wächst er, bis er in C gleich 90^0 und endlich in D gleich $90 + 23,_5 = 113,_5$ Grade wird, wo er zugleich seinen größten Werth hat. Von dem Punkte D an nimmt jener Winkel wieder ab, bis er in A, gegenüber von C, ein rechter wird und endlich in B, gegenüber von D, wieder seinen früheren kleinsten Werth von $66,_5$ Graden erreicht.

Denken wir uns noch auf der Oberfläche den Aequator durch a, der von beiden Polen gleich weit absteht, die beiden Wendekreise durch b und c (Einl. §. 24. I), die von dem Aequator um den Bogen $ab = ac = 23^1/_2{}^0$ entfernt sind, und die beiden Polarkreise durch d und e, die von den beiden Polen p und q um denselben Bogen von $23^1/_2$ Graden abstehen.

§. 86. (Erklärung der vier Jahreszeiten.) Dieß vorausgesetzt, betrachten wir zuerst die Erde, wenn sie in dem Punkte B ihrer

Bahn steht, wo jener Winkel Smp am kleinsten oder gleich 66$^{1}/_{2}$ Grad ist, und daher der Nordpol p am tiefsten in die beleuchtete, der Südpol q aber am weitesten in die dunkle Hälfte der Erde fällt. Wenn hier die Erde sich um ihre Axe dreht, so bleibt der Nordpol p immer in der beleuchteten, der Südpol q aber immer in der dunkeln Hemisphäre oder jener sieht die Sonne, die für ihn nicht untergeht, immer über seinem Horizonte, hat also immer Tag, während dieser, dem die Sonne nicht mehr aufgeht, immer Nacht hat. Dasselbe gilt auch von den Umgegenden der beiden Pole bis dorthin, wo diese Gegenden von den beiden Polarkreisen, durch d und e, begränzt werden. Denn da in dieser Lage der Erde die Lichtgränze mit der Erdaxe den Winkel 23$^{1}/_{2}$ Grad macht, so berührt diese Lichtgränze die beiden Polarkreise und daher haben alle, welche innerhalb des nördlichen Polarkreises wohnen, einen immerwährenden Tag, und im Gegentheile diejenigen, welche von dem südlichen Polarkreise eingeschlossen werden, eine immerwährende Nacht. Auch auf die noch weiter von den Polen wohnende Menschen hat diese Stellung der Erdaxe gegen die Sonne einen ähnlichen, wenn gleich immer geringeren Einfluß, je näher sie selbst dem Aequator kommen. Denn da die sämmtlichen Parallelkreise der Erde durch die Schattengränze derselben hier in sehr ungleiche Theile getheilt werden, von welchen der größere Theil in der nördlichen Hemisphäre der Tagseite, in der südlichen aber der Nachtseite angehört, so sind, wie schon der erste Blick auf die Zeichnung zeigt, für alle Bewohner der nördlichen Halbkugel die Tagbogen (Einl. §. 24. III) die Nächte, während im Gegentheile für die südliche Halbkugel die Nächte länger als die Tage sind. Da endlich der Bogen ac und ab, so wie der Bogen pB, jeder 23$^{1}/_{2}{}^{0}$ beträgt, so sehen die Bewohner des nördlichen, durch c gehenden Wendekreises die Sonne zu Mittag in ihrem Zenithe oder senkrecht über ihrem Scheitel. Alle noch weiter gegen Nord liegende Orte sehen diese ihre größte mittägige Höhe der Sonne immer kleiner als 90, bis sie endlich für den Bewohner p des Pols p selbst den ganzen Tag in der Höhe von 23$^{0},_{5}$ über dem Horizonte steht. Der Bewohner des nördlichen Polarkreises d B sieht die Sonne um Mittag, wenn er in d ist, in der Höhe von 47^{0} und um Mitternacht, wenn er durch die

Rotation der Erde in die Schattengränze B fällt, sieht er die Sonne an seinem Horizonte, während im Gegentheile der Bewohner des südlichen Polarkreises e die Sonne nur eben in seinem Mittage an der Nordgränze seines Horizontes erblickt und gleichsam nur einen Augenblick Tag hat. Aus allem Vorhergehenden folgt, daß die Erde in diesem Orte B ihrer Bahn, am 21. Junius ist, wenn in der nördlichen Hemisphäre der Sommer und in der südlichen der Winter anfängt. An diesem Tage würde ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne um 23,5 Grade über der Ebene des himmlischen Aequators oder in der nördlichen Deklination von 23,5 Graden sehen.

Von allem das Gegentheil, erfolgt ein halbes Jahr später, am 21. Dezember, wo die Erde in dem entgegengesetzten Punkte D ihrer Bahn und wo der Nordpol p derselbe, der früher zur Sonne hin geneigt war, jetzt um denselben Winkel von der Sonne weg gewendet ist.

Da auch hier wieder die Schattengränze auf der Linie S b, welche die Sonne mit der Erde verbindet, senkrecht steht, so ist nun der Nordpol p immer in der dunkeln und der Südpol q immer in der hellen Erdhälfte, oder die Sonne geht für jenen Punkt nicht mehr auf und für diesen nicht mehr unter. Die sämmtlichen Parallelkreise werden jetzt von der Schattengränze ganz eben so ungleich, wie zuvor, getheilt, aber mit dem Unterschiede, daß jetzt in der nördlichen Hemisphäre die größeren Theile im Schatten liegen, oder daß hier die Nächte länger sind, als die Tage, während das Gegentheil in der südlichen Hälfte Statt findet. Jetzt sehen die Bewohner des südlichen Wendekreises b die Sonne in ihrem Zenithe, während sie für den Aequator a im Mittage um 23°,5 und für den nördlichen Parallelkreis c um 47° vom Zenithe entfernt ist, und endlich für den nördlichen Polarkreis d nur mehr im Mittage für einen Augenblick im südlichen Horizonte erscheint. An diesen Tagen wird ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne um 23,5 Grade unter dem himmlischen Aequator sehen, weil in der That die Erde um denselben Winkel über dem Aequator erhoben ist.

Zwischen diesen zwei Lagen der Erde, in B zu Anfang des

Sommers und in D zu Anfang des Winters der nördlichen Halbkugel, gibt es mitten inne zwei andere, in A und C, wo die Erdaxe weder zur Sonne hin, noch von ihr weg gekehrt, sondern wo sie nach der Seite gewendet ist und wo der Winkel Smp, der in B spitz und in D stumpf war, ein rechter Winkel wird. Da jetzt der obere und der untere Theil der Erdaxe gegen die fixe Axe SR der Ecliptik zu beiden Seiten derselben die gleiche Entfernung haben, oder da jetzt diese Erdaxe auf der die Sonne und Erde verbindenden Linie eben so senkrecht steht, wie dieß die Ebene der Lichtgränze immer thut, so müssen auch die beiden Pole in diese Schattengränze selbst fallen und diese Schattengränze wird alle Parallelkreise in zwei gleiche Theile theilen oder endlich: Tag und Nacht wird auf der ganzen Erde dieselbe Länge von zwölf Stunden haben. Beide Pole sehen jetzt die Sonne den ganzen Tag in ihrem Horizonte und die Bewohner des Aequators sehen sie um Mittag in ihrem Zenithe, daher auch ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne selbst in der Ebene des himmlischen Aequators erblicken würde. In diesen beiden Punkten ist die Erde im Anfange unseres Frühlings in A am 21. März und im Anfange unseres Herbstes in C am 23. September. In diesen beiden Punkten geht die Erde durch die Ebene des himmlischen Aequators oder die beide Punkte verbindende gerade Linie ist der Durchschnitt des Aequators mit der Ecliptik, die auch die Aequinoctiallinie oder die Nachtgleichenlinie heißt, weil für die ganze Erde, wenn sie in diesen beiden Punkten steht, Tag und Nacht einander gleich sind. Im Gegentheile heißen die Punkte B und D, wo in dem ersten die Sonne am höchsten über und in dem zweiten am tiefsten unter dem Aequator erscheint, die Solstitial- oder Wendepunkte, weil in ihnen die Sonne ihre jetzt größte Entfernung vom Aequator am wenigsten ändert und gleichsam einige Tage stille zu stehen scheint, um sich dann wieder dem Aequator zuzuwenden.

Wir haben in dem Vorhergehenden nur die vier vorzüglichsten Punkte der Erdbahn näher betrachtet, wo der Winkel Smp entweder gleich 90 oder um $23,_5$ größer oder kleiner als 90 ist, wo er also seinen mittlern, seinen größten und seinen kleinsten Werth erreicht. Es ist aber klar, daß die Erde in den Zwischen-

zeiten von jenen vier Hauptpunkten allmählig alle Lagen erreicht, die zwischen den erwähnten Hauptstellungen liegen, und daß sonach jeder Ort der Erde durch allmählige Abstufungen seiner Jahreszeiten durchgeht.

§. 87. (Heiße, kalte und gemäßigte Zone der Erde.) Durch die Wende- und Polarkreise wird die Oberfläche der Erde sehr angemessen in Theile geschieden, die sich vorzüglich durch die Temperatur, welche in ihnen durch die Wirkung der Sonnenstrahlen hervorgebracht wird, wesentlich von einander unterscheiden.

Der Theil zu beiden Seiten des Aequators, der sich bis zu den beiden Wendekreisen erstreckt, heißt die heiße Zone; zwischen den Wende- und Polarkreisen liegen die beiden gemäßigten Zonen; und die beiden übrigen Räume, die von den zwei Polarkreisen begränzt werden und den Nord- und Südpol in ihrer Mitte haben, heißen die kalten Zonen. Die Breite der heißen Zone beträgt 47 Grade und ihre Oberfläche hat nahe 3,7 Millionen Quadratmeilen. Jede gemäßigte Zone hat zur Breite 43 Grade und beide zusammen haben eine Oberfläche von 4,8 Millionen Q.Meilen. Die Gränzen der kalten Zonen endlich sind von ihren Polen 23,5 Graden entfernt und die Oberfläche beider betragen 0,8 Millionen Q.Meilen. Da die Oberfläche der ganzen Erde nahe 9.280.000 Q.Meilen beträgt, so nimmt die heiße Zone 0,4, die beiden gemäßigten 0,5 und die beiden kalten 0,1 der Fläche der Erde ein. Die Bewohner der heißen Zone sehen die Sonne am Mittage des Tages, wo die Declination der Sonne gleich der geographischen Breite ihres Parallelkreises ist, in ihrem Zenithe, und da sie auch die übrigen Tage des Jahres sich am Mittage nie beträchtlich von dem Zenithe entfernt, so fallen die Strahlen derselben nahe senkrecht auf die Fläche dieser Zone, daher die höhere Temperatur und die Benennung derselben. In dieser Zone sind die Tageslängen nie sehr von denen der Nächte verschieden, da selbst an den Gränzen dieser Zone, unter den Wendekreisen, der längste Tag, so wie die längste Nacht nur 13 Stunden 28 Minuten beträgt, während beide unter dem Aequator selbst durch das ganze Jahr einander immer gleich sind. Die Schatten aller senkrechten Gegenstände fallen im Jahre zweimal zu Mittag unter sie und außer diesen beiden Epochen durch einen Theil des

Jahres nach Norden und durch den anderen Theil nach Süden, daher die Bewohner dieses Erdgürtels zweimal im Jahre ganz schattenlos und die andere Zeit hindurch zweischattig sind. Für sie liegen die beiden Pole in dem Horizonte, die Parallelkreise stehen alle senkrecht über dem Horizonte, daher alle Gestirne ebenfalls im senkrechten Bogen auf und nieder gehen und im Laufe jedes Tages alle Theile des Himmels sich über dem Horizonte erheben oder sichtbar sind.

In den beiden gemäßigten Zonen erreicht die Sonne auch im Mittage nie das Zenith des Beobachters und bleibt von demselben um so weiter entfernt, je weiter der Beobachter selbst von dem Aequator absteht, und mit diesem Abstande wächst auch die Ungleichheit der Tage und Nächte, bis endlich an den äußersten Gränzen dieser Zonen unter den Polarkreisen der längste Tag, so wie die längste Nacht volle 24 Stunden beträgt. In diesen beiden Zonen sind die vier Jahreszeiten, die in dem heißen Erdgürtel bloß in einem durch eine periodische Regenzeit unterbrochenen Sommer bestehen, deutlich unterschieden, aber immer einander entgegengesetzt, so daß die nördliche Zone Frühling oder Sommer hat, wenn die südliche Herbst oder Winter hat.

Den Bewohnern dieser Zonen ist immer ein Theil des Himmels in der Nähe des entgegengesetzten Poles ganz verborgen oder unsichtbar, und die ihnen noch auf- und untergehenden Gestirne beschreiben alle gegen die Ebene des Horizonts schiefe Kreise. Der Schatten aller senkrechten Gegenstände endlich fällt in der nördlichen Zone immer nach Norden und in der südlichen immer nach Süden.

In den kalten Zonen endlich, geht die Sonne, wenn sie dem Aequator nahe oder gar auf der der Zone entgegengesetzten Seite des Aequators steht, nicht mehr auf, und eben so, wenn sie dem diese Zone begränzenden Wendekreise nahe genug gekommen ist, nicht mehr unter. Dann sieht man sie so, wie überhaupt alle dort sichtbare Gestirne in ununterbrochenen Kreisen um sich herumgehen, die sich immer weniger gegen den Horizont neigen, bis sie endlich für den Mittelpunkt dieser Zonen, für den Pol selbst, ganz mit dem Horizonte parallel werden. An der äußersten Gränze

oder unter dem Polarkreise, dessen Breite $66^\circ{,}_5$ ist, dauert der längste Tag im Sommer, so wie die längste Nacht im Winter volle 24 Stunden. Näher bei den Polen, unter der Breite von $67{,}_3$, $69{,}_7$, $72{,}_4$, $78{,}_2$ und $83{,}_8$ Graden beträgt, diese größte Länge des Tages oder der Nacht in der angeführten Ordnung 1, 2, 3, 4 und 5 volle Monate, bis endlich unter den beiden Polen selbst die Sonne die eine Hälfte des Jahres über, und die andere unter dem Horizonte bleibt. Da für diese Zonen die Sonne sich nie hoch über den Horizont erhebt und daher die Strahlen derselben immer nur sehr schief auf die Oberfläche der Erde fallen, so erreicht auch die Temperatur dieser Gegenden keinen beträchtlichen Grad, und die dadurch erregte Kälte nimmt mit der Annäherung zu den beiden Polen schnell zu, bis sie endlich eine Intensität und Ausdauer erhält, die beinahe allem vegetabilischen und animalischen Leben feindlich entgegen tritt. Für die wenigen Bewohner dieser mit ewigem Schnee bedeckten Gegenden erscheint der eine Pol immer nahe beim Zenithe, während ihnen die ihnen entgegengesetzte Hälfte des Himmels, in deren Mitte der andere Pol ist, immer unsichtbar bleibt. Die Schatten endlich, welche die von der Sonne beschienenen Körper werfen, gehen, wie die Sonne selbst, täglich durch alle Punkte des Horizontes um sie herum, daher auch die Bewohner dieser Gegenden umschattige genannt werden.

§. 88. (Klimate der Alten.) Die älteren Geographen haben die Oberfläche der Erde in mehrere dem Aequator ebenfalls parallele Zonen getheilt, die sie auch Klimate nannten und so wählten, daß der längste Tag im Sommer, also auch die längste Nacht im Winter am Ende jeder Zone immer um eine halbe Stunde größer ist als im Anfange derselben. Die folgende Tafel gibt die geographische Breite des von dem Aequator entfernteren Endpunktes und die größte Länge des Tages oder der Nacht in diesem Endpunkte für alle Klimate, welche zwischen dem Aequator und den beiden Polarkreisen liegen.

Klima	Breite	Längster Tag	Klima	Breite	Längster Tag
1	8°,6	12h,5	13	60°,0	18h,5
2	16,7	13,0	14	61,5	19,0
3	24,5	13,5	15	62,4	19,5
4	30,8	14,0	16	63,4	20,0
5	36,5	14,5	17	64,2	20,5
6	41,4	15,0	18	64,8	21,0
7	45,5	15,5	19	65,4	21,5
8	49,0	16,0	20	65,8	22,0
9	52,0	16,5	21	66,1	22,5
10	54,5	17,0	22	66,3	23,0
11	56,6	17,5	23	66,4	23,5
12	58,5	18,0	24	66,5	24,0

Wien z. B. hat die Breite 48°,2, liegt also im 8ten Klima und sein längster Tag im Sommer, so wie seine längste Nacht im Winter beträgt 16h,2 oder 16 Stunden 12 Minuten, oder der längste Tag ist um 4h 12′ länger als 12h, und daher ist auch sein kürzester Tag im Winter um 4h 12′ kürzer als 12h oder gleich 7h 48′. Die Stadt Arkhangel im Gegentheile, deren Breite 64°,5 beträgt, liegt im 18ten Klima und ihr längster Tag ist 20h,7 oder 20h 42′, also auch ihr kürzester Tag im Winter nur 3h 18′. Für den Parallelkreis von 66°,4 endlich, dauert der längste Tag 23h 30′ und daher auch der kürzeste Tag nur eine halbe Minute. Das Vorhergehende setzt voraus, daß der Tag erst dann anfange und ende, wann der Mittelpunkt der Sonne durch den Horizont geht. Da aber das Tageslicht schon bei dem Anfange des obersten Sonnenrandes anfängt und da überdieß dieser Aufgang des oberen Randes durch die Wirkung der Refraction, von der wir weiter unten sprechen werden, etwas beschleunigt wird, so wird aus diesen beiden Ursachen für alle Punkte der Erde der Tag größer seyn, als er in der vorhergehenden Tafel angenommen wurde, und dieser Unterschied ist besonders in den höheren Breiten merklich, wo er selbst über einige Stunden gehen kann.

§. 89. (Temperatur der verschiedenen Gegenden der Erde.) Uebrigens richtet sich die eigentliche Temperatur, oder was wir das physische Klima einer Gegend nennen, nicht immer nach dem

Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen auf dieselbe auffallen oder nach der geographischen Breite der Gegend, sondern sie ist auch, und zwar oft in einem sehr hohen Grade, durch die Höhe des Ortes über der Meeresfläche, durch die Umgebung desselben von Bergen, durch die Nähe des Meeres oder anderer großer Wassermassen und Waldungen und durch die Constitution des Bodens selbst bedingt. Auch ist es nicht sowohl die senkrechte Lage der auf eine Gegend fallenden Sonnenstrahlen, als vielmehr das längere Verweilen der Sonne in der Nähe des Zeniths, wodurch die Wärme besonders befördert werden muß. Der Aequator hat um die Mitte des März und Septembers die Sonne im Zenith, aber da sich um diese Jahreszeit die Declination der Sonne sehr schnell ändert (in einem Tage beinahe um 23 Minuten), so entfernt sie sich schon in einigen Tagen wieder von dem Zenith. In der Mitte des Junius oder des Dezembers aber, wo die Sonne den Bewohnern der Wendekreise in ihrem Scheitel erscheint, ändert sie ihre Declination sehr langsam (in einem Tage nur einige Secunden), daher sie für diese Gegenden durch mehrere Wochen immer in der Nähe des Zeniths bleibt. Auch ist in der That die Temperatur dieser Gegenden beträchtlich höher, als die des Aequators. Ueberhaupt aber wird die Wärme der heißen Zone durch die beinahe immer gleich langen Nächte wieder abgekühlt, und dieß ist die Ursache, warum manche Gegenden der höheren gemäßigten Zonen zur Zeit ihres hohen Sommers eine beträchtlich höhere Temperatur haben, als selbst die der heißen Zone, weil dort die längeren Tage und die dauernde Gegenwart der Sonne über dem Horizonte die Wärme bedeutend erhöht. So steigt in der nördlichen Breite von 60 Graden im Julius die Höhe oft bis über 30 Grade Réaumur im Schatten; im 70sten Breitengrade macht sie noch das Pech der Schiffe flüssig und selbst im 80sten Grade vermag sie noch den tief gefrorenen Boden aufzuthauen und die ihr anvertrauten Pflanzen durch eine unseren Treibhäusern ähnliche, schnelle Vegetation zur Reife zu bringen. Aber in noch höheren Breiten nimmt die erwärmende Kraft der Natur so sehr ab, daß sie sich beinahe nur mehr auf die Bildung des Eises beschränkt, die dort mit jedem Jahre zuzunehmen scheint. Allein weder die Richtung der Sonnenstrahlen, noch auch die Verweilung der Sonne in der

Nähe des Zeniths kann, den Beobachtungen zu Folge, als die einzige Ursache der Temperatur einer Gegend angenommen werden, da oft Länder, wie Norddeutschland und Kamtschatka, in denselben Breitengraden liegen, und doch in ihrer mittleren Wärme ungemein verschieden sind. Ohne Zweifel haben hier die zum Theil bereits oben erwähnten localen Ursachen einen sehr thätigen Einfluß.

Schon Halley, Newton's Zeitgenosse, hat es versucht, die Erwärmung der verschiedenen Gegenden der Erde durch die Sonne darzustellen, wenn diese Erwärmung bloß als eine Function der verschiedenen Mittagshöhen der Sonne und ihrer Verweilung über dem Horizonte betrachtet wird. Indem er auf diese Weise die Temperatur der Erde unter dem Aequator zur Zeit der Aequinoctien als 100 annahm, fand er die Temperaturen für andere Orte.

Für die Polhöhe	Zur Zeit der		
	Nachtgleichen	d. längsten Tages	d. kürzesten Tages
0°	100	91	91
10	98	101	79
20	94	108	66
30	86	113	50
40	76	115	34
50	64	115	19
60	50	113	5
70	34	117	0
80	17	123	0
90	0	12	0

Nach dieser Tafel verhielte sich die Temperatur des längsten Tags in der Breite von 80 zu der in der Breite von 40 wie 123 zu 115. Eben so verhält sich unter der Breite von 40 Graden die Temperatur des längsten Tages zu der des kürzesten wie 115 zu 34. Die Sonnenwärme der längsten Tage wächst von dem Aequator gegen die Pole, wie auch bereits oben als der Erfahrung

gemäß bemerkt worden ist. Lambert gab in seiner Photometrie eine andere Tafel, die aber eben so wenig mit den Beobachtungen übereinstimmt, da auch sie auf alle übrigen Ursachen, welche die Wärme eines Ortes bedingen, keine Rücksicht nimmt.

§. 90. (Schneegränze und isothermische Linien.) Eine der vorzüglichsten dieser auf die Temperatur eines Ortes einwirkenden Bedingungen ist die Höhe desselben über der Meeresfläche. In den Tropenländern von Amerika hängt die Wärme der Orte fast gar nicht von der geographischen Breite, sondern bloß von ihrer Höhe ab, indem man z. B. von dem Rio guayaquil bis auf den Gipfel des Chimborasso alle Klimate von der Tropenregion bis zur Polarzone durchwandern kann. Ueberhaupt befindet sich über jedem einzelnen Orte der Erde in der Atmosphäre ein Punkt, wo selbst in der Mitte des Sommers Eis und Schnee nicht mehr aufthauen, oder wo das Thermometer nicht über den Gefrierpunkt steigt. Eine durch alle diese Punkte über der Erde gezogene Fläche heißt die Schneegränze. Nach Humboldt ist die Höhe der Schneegränze über der Oberfläche der Erde in der nördlichen Hemisphäre

in der Breite	0°	. . 14.800	Par. Fuß
—	23,5	. . 14.200	—
—	30	. . 13.500	—
—	35	. . 11.100	—
—	40	. . 9.860	—
—	45	. . 8.500	—
—	62	. . 5.142	—
—	66,5	. . 4.014	—
—	70	. . 3.400	—

Die Schneegränze liegt also unter dem Aequator am höchsten und senkt sich von da gegen die Pole immer tiefer zur Erde, bis sie endlich, unter den Polen selbst, mit der Meeresfläche zusammenfällt. Auf der südlichen Hemisphäre, wo überhaupt die Kälte vorherrscht, liegt die Schneegränze durchaus beträchtlich tiefer, als in der nördlichen.

Wenn man die im Laufe eines oder mehrerer Jahre täglich zu bestimmten Stunden beobachteten Thermometerstände addirt und ihre Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividirt, so

erhält man die sogenannte mittlere Temperatur des Beobachtungsortes. Diese ist z. B. für Cumana 22°,₃, Batavia 21°,₅ Réaum., Kairo 18,₀, Neapel 14,₄, Mailand 10,₆, Paris 8,₈, Wien 8,₆, London 8,₄, Berlin 6,₇, Stockholm 4,₈, Petersburg 2,₅, Nordcap 0,₁. Man findet diese mittlere Temperatur eines jeden andern Ortes, wenn man die Zahl 13,₇ mit dem Cosinus der doppelten Breite dieses Orts multiplicirt, und das Produkt zu 10,₉₃ addirt.

Vergleicht man diese mittleren Temperaturen mehrerer Orte mit ihren geographischen Breiten, so findet man beinahe keine Uebereinstimmung zwischen den beiden Zahlen. Zieht man aber auf einer Karte durch alle die Orte, welche dieselbe mittlere Temperatur haben, eine krumme Linie, so erhält man die sogenannten isothermischen Linien von 0°, 5°, 10°, 15°, und man findet, daß diese Linien in der heißen Zone dem Aequator nahe parallel laufen, aber dann mit den wachsenden Breiten immer unregelmäßiger werden, doch so, daß sie sich alle am meisten gegen den Nordpol erheben, östlich in der Nähe des Meridians, der durch die Mitte von Deutschland geht, und westlich in einem durch die Westküste Amerikas gehenden Meridian, während sie wieder am meisten gegen den Aequator herabsteigen, in den beiden Meridianen, die durch die Mitte von China, und durch die Ostküste von Nordamerika gehen.

§. 91. (Erscheinungen für eine größere oder kleinere Schiefe der Ecliptik). Alle diese und noch viele andere Erscheinungen, die wir auf der Oberfläche der Erde bemerken, sind eine Folge der Jahreszeiten, und durch diese eine mittelbare Folge der oben erwähnten schiefen Stellung der Erdaxe gegen die Axe der Ecliptik. Würden diese beiden Axen zusammenfallen, also die Schiefe der Ecliptik, die jetzt nahe 23,₅ Grade beträgt, gleich Null seyn, so würde, wie schon erwähnt, die mittägige Höhe der Sonne für jeden Ort der Erde durch das ganze Jahr dieselbe, und für alle Orte der Erde würde der Tag immer gleich der Nacht seyn. Wir haben bereits oben die Nachtheile einer solchen Stellung der Erdaxe angegeben. Wäre aber der Winkel der Ecliptik mit dem Aequator größer als jetzt, und z. B. gleich 45 Graden, so würde die heiße Zone von dem Aequator zu beiden Seiten desselben bis

zu dem Parallelkreise von 45°, und die beiden kalten Zonen würden von 45° bis 90° oder bis zu den Polen gehen; und es würde, in der obigen Bedeutung des Wortes, keine gemäßigte Zone mehr geben. Dieser Mangel würde ohne Zweifel einen sehr wichtigen Einfluß, nicht bloß auf die Cultur unseres Bodens, sondern auch auf unsere geistige Bildung haben, und unserer ganzen Menschengeschichte eine andere Gestalt geben. So lange die Erde besteht, ist weder in der heißen, noch in der kalten Zone irgend eine neue Wahrheit entdeckt, oder eine Erfindung in der Wissenschaft gemacht worden. Die beiden Extreme der Temperatur treten der körperlichen und geistigen Entwicklung des Menschen feindlich entgegen, und nur in dem gemäßigten Erdstriche scheint die Natur mit einer Art von Vorliebe die feinsten Genüsse, die nützlichsten Früchte und Thiere, die edelsten und geistreichsten Menschen zu erzeugen.

Noch nachtheiliger endlich würde die Einrichtung seyn, in welcher die Erdaxe auf der Axe der Ecliptik, also auch der Aequator auf der Ebene der Erdbahn senkrecht stünde, oder wenn die Schiefe der Ecliptik 90 Grade betrüge. Dann würden alle drei Zonen von dem Aequator bis zu den Polen gehen, oder jede derselben würde, sich unabhängig von den beiden übrigen, über die ganze Erde erstrecken. Bei dieser Lage der Ecliptik würde zur Zeit des Anfangs des Sommers der nördlichen Hemisphäre die Sonne senkrecht über dem Nordpol stehen, und diese Hälfte der Erde eine längere Zeit durch beleuchten, während die andere Nacht hat, indem die Lichtgränze für diese Zeit mit dem Aequator zusammenfällt, und der Nordpol in der Mitte der heißen Zone liegt. Bald darauf würde sich diese Lichtgränze, die den Aequator immer halbirt, auf der Ostseite gegen den Nordpol, und auf der Westseite eben so viel gegen den Südpol ziehen, bis sie, nach drei Monaten, zur Zeit unseres Herbstes, senkrecht auf dem Aequator steht, und durch beide Pole geht, wo daher Tag und Nacht auf der ganzen Erde einander gleich sind. Von da dreht sich die Lichtgränze noch weiter in derselben Richtung, bis sie endlich, sechs Monate nach der ersten Epoche, wieder mit dem Aequator zusammenfällt, wo dann die südliche Hälfte der Erde gegen die Sonne gewendet, und die ganze nördliche von ihr abgekehrt ist, so daß jetzt der Südpol die Sonne im Zenith sieht, und der Nord=

pol seine lange Nacht hat, oder in der Mitte der kalten Zone liegt. Von da dreht sich die Lichtgränze auf der andern Seite des Aequators auf dieselbe Weise, bis sie nach weitern drei Monaten wieder senkrecht auf dem Aequator steht, wo wieder Tag und Nacht für die ganze Erde gleich wird, und endlich am Ende des Jahres in dieselbe Lage zurückkömmt, die sie im Anfange desselben hatte. Bei dieser Stellung der Erdaxe würde daher jeder Punkt der Erde, selbst die beiden Pole nicht ausgenommen, zweimal im Jahre die Sonne in seinem Zenithe sehen, und für jeden würde es eine Zeit des Jahres geben, wo ihm durch mehrere Tage die Sonne nicht auf- oder nicht untergeht, so daß also jede Gegend der Erde einen Theil des Jahres durch, zu der heißen, und den andern Theil zu der kalten Zone gezählt werden müßte, eine Einrichtung, die auf die sämmtlichen Bewohner derselben wohl nicht andere als sehr nachtheilige Wirkungen äußern könnte.

Kapitel VIII.

Planetensysteme.

§. 92. (Aufzählung der Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems). Zu den Körpern des Himmels, welche sich zunächst um uns in dem großen Weltraume befinden, gehören nebst der Sonne noch eilf Planeten, unsere Erde als einen solchen mitgezählt, mit achtzehn Monden, von welchen einer der Erde gehört, und einer bisher noch unbekannten, aber gewiß sehr großen Zahl von Kometen. Diese Himmelskörper bilden gleichsam eine isolirte Gruppe, zu der wir selbst gehören, und die wir daher vor allem näher kennen lernen sollen. Was jenseits des dieser Familie angewiesenen Raumes ist, steht in so weiter Entfernung von uns, daß es wohl immer ein uns gänzlich unbekanntes Land bleiben wird.

Von den genannten uns nähern Körpern sind es vorzüglich die Planeten, die unsere Aufmerksamkeit in hohem Grade erfordern. Sie zeichnen sich von den übrigen Gestirnen durch ihre eigene sonderbare Bewegung, durch ihr matteres Licht, und die meisten derselben durch einen beträchtlichen Durchmesser ihrer kreisförmigen Gestalt uns, während die Fixsterne, auch in den besten Fernröhren, nur wie unmeßbare Punkte erscheinen. Ihre Namen und Zeichen sind:

Merkur ☿	Juno ⚵
Venus ♀	Ceres ⚳
Erde ♁	Pallas ⚴
Mars ♂	Jupiter ♃
Vesta ⚶	Saturn ♄

Uranus ♅

Die Sonne endlich wird durch ☉ und der Mond unserer Erde durch ☾ angezeigt. Von diesen Himmelskörpern waren fünf den Alten unbekannt. Uranus nämlich wurde erst am 13. März 1781 von Herschel, Ceres am 1. Januar 1801 von Piazzi, Juno am 1. Septbr. 1804 von Harding und Pallas am 28. März 1802, so wie Vesta am 29. März 1807 von Olbers entdeckt. Von diesen Planeten hat die Erde einen, Jupiter vier, Uranus sechs und Saturn endlich sieben Monde mit einem Doppelringe, der den letzten Planeten concentrisch umgibt.

Hier handelt es sich vor allem um die Anordnung oder um die gegenseitige Stellung dieser Himmelskörper. Diese Stellung kann nur ein Resultat der Beobachtungen seyn, und nicht, wie wohl mehrere Philosophen der alten und neuern Zeit versucht haben, a priori oder aus hyperphysischen Gründen, die hier so viel als keine Gründe sind, bestimmt werden. Sehen wir also was uns die Beobachtungen über diese Stellung der Planeten gelehrt haben.

§. 93. (Mannigfaltige Bewegungen der Planeten). Zuerst bemerken wir, daß die Planeten zwar auch, wie die Sonne und der Mond, eine eigene Bewegung unter den fixen Sternen gegen Ost haben, abgesehen von der täglichen, allen Himmelskörpern gemeinschaftlichen Bewegung, die, wie wir bereits wissen, nur scheinbar ist, und ihren Grund in der täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe hat. Allein diese Bewegung der Planeten ist keineswegs so regelmäßig, wie die der Sonne oder des Mondes, und sie ist nicht einmal immer, wenn gleich größtentheils, nach Osten, sondern auch öfter nach Westen gerichtet, und zuweilen scheinen diese Körper sogar gänzlich stille zu stehen, und ihren Ort am Himmel durch längere Zeit gar nicht zu ändern.

Diese Abwechslungen ihrer Bewegungen sind offenbar in regelmäßige Perioden eingeschlossen, die, wie man bald bemerkt,

von dem Stande dieser Körper gegen die Sonne oder von dem Winkel abhängen, welchen die Gesichtslinien von unserm Auge nach der Sonne und nach den Planeten unter sich bilden. Die nach Ost gerichtete Bewegung nennt man direct oder rechtläufig, die nach West gekehrte retrograd oder rückläufig, und wenn der Planet seinen Ort am Himmel einige Zeit durch, nicht verändert, heißt er stationär oder stillstehend.

Die Erscheinungen, von denen hier die Rede ist, sind wohl im Allgemeinen für alle Planeten dieselben, aber die beiden erstgenannten, Merkur und Venus, zeigen doch mehrere Eigenheiten, welche bei den übrigen nicht angetroffen werden, daher wir gleichsam beide Klassen von Planeten gesondert betrachten wollen.

§. 94. (Bewegung der unteren Planeten). Jene zwei, die man auch die unteren Planeten heißt, entfernen sich scheinbar nie weit von der Sonne, so daß sie gleichsam als Begleiter derselben anzusehen sind, während alle übrigen sich in alle Entfernungen von ihr wagen, und uns daher auch oft an der der Sonne gegenüberstehenden Gegend des Himmels erscheinen. Wenn die unteren Planeten der Sonne am nächsten stehen, und ihre Scheibe ganz beleuchtet, wie der Mond im Vollichte, und zugleich am kleinsten erscheint, so ist ihre directe Bewegung zugleich am schnellsten, oder sie entfernen sich am geschwindesten von der Sonne gegen Ost. Wenn auf diese Weise Merkur nahe 23 Grade östlich von der Sonne sich entfernt hat, kömmt er wieder zu ihr zurück, obschon seine Bewegung, in Beziehung auf die Fixsterne, noch immer direct, aber auch schon sehr langsam geworden ist. Wenn er auf diesem Gang zur Sonne etwa 18 Grade von ihr absteht, verschwindet seine Bewegung gänzlich, und er wird stationär. Bald darauf nimmt er eine retrograde Bewegung an, die immer geschwinder wird, und mit welcher er sich der Sonne noch weiter nähert, bis er sie endlich erreicht, und da er jetzt in ihren Strahlen schwimmt, für uns ganz unsichtbar wird. Während dieser ganzen Periode hat seine scheinbare Größe immer zugenommen, aber von seiner Scheibe ist nach und nach immer ein kleinerer Theil auf der westlichen oder der Sonne zugekehrten Seite beleuchtet, wie wir dieß bei dem abnehmenden Monde bemerken, bis sie

endlich am Ende dieser Periode, wie der Mond im Neulichte, gänzlich verschwindet. Wenn er so zum zweitenmale in die Nähe der Sonne gekommen ist, so ist seine retrograde Bewegung am schnellsten. Bald darauf entfernt er sich mit einer immer schwächer werdenden Geschwindigkeit auf der Westseite von der Sonne, bis er, in der westlichen Entfernung von 18°, wieder eine Zeit durch still steht. Wenn er dann mit einer allmählig schneller werdenden directen Bewegung sich bis 23° von der Sonne entfernt hat, fängt er an, sich ihr zu nähern, und kömmt endlich, wenn seine directe Bewegung am größten ist, wieder bei ihr, das heißt, wieder in dem Punkte an, von welchem er im Anfange der ersten Periode ausgegangen ist, um fortan dieselben Erscheinungen in der aufgezählten Ordnung zu wiederholen. Während dieser zweiten Periode hat seine scheinbare Größe immer abgenommen, aber seine östliche, d. h. seine der Sonne zugewendete, Seite wurde, wie der zunehmende Mond, immer mehr und mehr beleuchtet, während die westliche Seite dunkel blieb, bis sie endlich am Ende der zweiten Periode, wie der Mond im Volllichte, gänzlich beleuchtet ist. Die Dauer jeder dieser zwei Perioden ist nahe 58 Tage, also die Zeit, welche den ganzen Wechsel dieser Erscheinungen umfaßt, 116 Tage; die Zeit aber, während welcher Merkur eine retrograde Bewegung hat, beträgt 17½ Tage und der Bogen, den er während dieser rückläufigen Bewegung beschreibt, ist nahe 12½ Grad. — Ganz ähnliche Erscheinungen bietet auch der zweite untere Planet, die Venus, dar, nur sind die so eben für Merkur angeführten Zahlen bei diesem Planeten durchaus etwas größer. Seine größte Ausweichung von der Sonne beträgt 46½ Grade, während die Ausweichung zur Zeit ihres östlichen und westlichen Stillstandes 28 Grade hat. Die Zeit einer jeden ihrer zwei Perioden beträgt 291, also die des ganzen Wechsels der Erscheinungen 582 Tage, und die Zeit ihres Rückgangs 41 Tage, so wie endlich der Bogen ihres Rückgangs nahe 16 Grade umfaßt. Beide Planeten endlich stehen während der Zeit ihrer ersten Periode östlich von der Sonne, gehen also, als Abendsterne, nach der Sonne unter, während sie in der zweiten Periode der Sonne westlich stehen, oder als Morgensterne vor ihr auf- und untergehen.

§. 95. (Bewegungen der oberen Planeten). Anders sind diese Erscheinungen bei den sogenannten oberen Planeten; Mars z. B. hat, so wie jene, seine größte östliche Bewegung, und zugleich seine kleinsten Durchmesser zu der Zeit, wo er uns ganz nahe bei der Sonne erscheint. Aber diese Geschwindigkeit nimmt mit der östlichen Entfernung von der Sonne immer ab, und verschwindet endlich in der Entfernung von 137 Graden, wo er unter den Fixsternen eine kurze Zeit still zu stehen scheint, und bald darauf mit einer immer schneller werdenden retrograden Geschwindigkeit, noch weiter von der Sonne entfernt. Wenn er der Sonne gerade gegenüber kömmt, oder um Mitternacht durch den Meridian gebt, ist seine retrograde Bewegung, so wie auch sein scheinbarer Durchmesser, am größten. Von diesem Punkte nimmt seine Geschwindigkeit allmählig ab, bis sie, in der Entfernung von 137 auf der Westseite der Sonne wieder verschwindet, und der Planet daher wieder stationär wird. Bald darauf nimmt er seine östliche oder directe Bewegung wieder an, und nähert sich mit einer immer größern Geschwindigkeit wieder der Sonne, die er endlich mit seiner größten directen Bewegung, und mit seinem kleinsten scheinbaren Durchmesser erreicht, um von ihr aus wieder eine neue Periode derselben Erscheinungen zu beginnen. Die Dauer und Größe dieser einzelnen Phänomene für die einzelnen obern Planeten enthält die folgende kleine Tafel;

	Dauer der ganzen Periode	Ausweichung von der Sonne beim Stillstand	Bogen des Rückgangs	Dauer des Rückgangs
Mars .	780,4 Tage	137 Grade	14 Grade	70 Tage
Jupiter	398,8	117	10	119
Saturn	378,0	108	7	136
Uranus	369,7	102	4	150

Uebrigens sind diese Zahlen nur die mittleren von denjenigen, die man in der That beobachtet, und diese letzten sind oft nicht unbeträchtlich von jenen verschieden. So verändert sich die Ausweichung des Mars bei seinem Stillstande von 129 bis 147 Graden, und die Dauer seines Rückgangs von 60 bis 80 Tagen,

und ähnliche Variationen hat man auch bei allen übrigen Planeten bemerkt.

Bisher haben wir nur die Bewegung der Planeten in ihrer Länge betrachtet, und sie ist, wie man sieht, bereits nicht wenig verwickelt. Allein noch viel verwickelter wird sie, wenn man, wie man soll, zugleich auch auf die Veränderungen ihrer Breite Rücksicht nimmt.

§. 96. (Geographische Darstellung dieser Bewegungen). Um dieß sogleich durch ein Beispiel zu zeigen, so enthält die kleine Karte (Fig. 18 A) für die Monate Februar bis September des Jahres 1835 den Lauf der Sonne sowohl, als auch den des Merkurs, wie er von der Erde in Beziehung auf den Aequator erscheint. Die gerade Linie OO stellt den Aequator vor, auf welchem die Rectascensionen in Stunden I. II. III. genommen sind, deren jede 15 Grade enthält, und senkrecht darauf stehen die in Grade getheilten Declinationskreise. Der Lauf der Sonne ist durch die krumme Linie ABC..F und der des Merkurs durch abc..f vorgestellt, so daß die Zeichen A und a den Ort der Sonne und des Merkurs für den 1. März, B und b für den 1. April, C und c für den 1. May... und F und f für den 1. August des Jahres 1835 angeben. So ist z. B. für die Punkte C und c oder für den ersten May die Rectascension der Sonne 2h 30′ und die des Merkurs 1h 25′; die nördliche Declination der Sonne aber 15° und die von Merkur 6°. Schon der erste Blick auf diese Karte zeigt die große Unregelmäßigkeit des Laufes des Planeten, während die Bahn der Sonne als ein einfacher größter Kreis des Himmels erscheint. Im Allgemeinen geht zwar auch Merkur von West gegen Ost, indem er die in derselben Richtung fortschreitende Sonne bald in geringer, bald in einer größern Entfernung begleitet, aber diese directe Bewegung des Planeten wird selbst in dieser kurzen Zeit mehr als einmal unterbrochen. So erscheint er in Rectascension stationär am 1. März oder in dem Punkte a, wo die Richtung seiner Bahn senkrecht auf dem Aequator ist, und dasselbe ist der Fall am 24. März, am 4. Julius und am 29. Julius, und seine Bewegung ist daher retrograd vom 1. bis 25. März durch einen Bogen von 11,5 Grad, und vom 4. bis 28. Juli durch einen Bogen von 11,0 Grad. Nicht geringeren Ver-

Änderungen ist auch die Declination dieses Planeten unterworfen. Im Anfange des Jahrs 1835 war seine südliche Declination am größten, und nimmt von da ab, bis Merkur am 26. Februar durch den Aequator geht. Dann wächst die nördliche Declination, aber nur bis zu einem Grad am 4. März, wo sie stationär ist, weil dann die Bahn des Planeten eine gegen den Aequator parallele Lage annimmt. Bald darauf nimmt diese ohnehin nur kleine nördliche Declination wieder ab, bis Merkur am 10. März zum zweitenmale durch den Aequator geht, und seine südliche Declination bis zum 29. März wächst, wo sie wieder am größten und stationär ist. Darauf nähert er sich wieder dem Aequator, den er am 21. April zum drittenmale schneidet. Von diesem Punkte an wächst die nördliche Declination durch längere Zeit bis zum 4. Junius, wo sie ihren größten Werth von 26° erhält, und von da wieder abnimmt, bis sie am 14. Juli ihren kleinsten Werth von 16° hat, und stationär wird. Von diesem Punkte an wächst die Declination wieder, bis sie am 8. August neuerdings ihren größten Werth von 20° erhält, einige Zeit durch stationär ist, und dann allmählig wieder kleiner wird, indem der Planet sich dem Aequator nähert, um ihn erst am 14. September zu erreichen. Am 22. Februar, und am 19. Junius hat Merkur seine größte östliche, und am 7. April und 5. August seine größte westliche Ausweichung von der Sonne. Im Gegentheile steht er am 14. März, 17. Mai, 16. Juli und 29. August der Sonne am nächsten, doch mit dem Unterschiede, daß sein Durchmesser am 14. März und 16. Julius am größten, aber beinahe ganz unbeleuchtet, am 17. Mai und 29. August aber am kleinsten, und ganz voll beleuchtet erscheint. Auch steht Merkur vom 11. Febr. bis 14. März, so wie vom 17. Mai bis 16. Julius östlich von der Sonne, und geht daher erst in den Nachmittagsstunden durch den Meridian, während er vom 14. März bis 17. Mai, und vom 16. Julius bis 29. August westlich von der Sonne steht, und in den Morgenstunden culminirt.

§. 97. (Diese Bewegungen sind nur scheinbar). Was soll man nun von allen diesen Sonderbarkeiten denken, und dann auf welche Weise sollen wir sie uns erklären? Denn daß dieses immerwährende Vor- und Rückwärtsgehen, diese abwechselnden Näherungen

und Entfernungen in Beziehung auf den Aequator, diese auffallenden Stillstände in Rectascension und Declination, dieses häufige Ab- und Zunehmen der Geschwindigkeit, mit welcher sich diese Himmelskörper bewegen, und daß überhaupt diese sonderbare und höchst unregelmäßige Bahn des Planeten mit ihren Knoten und Schlingen zwischen den Punkten a, b und e, f, daß dieß die wahre Bahn des Planeten seyn soll, ist doch äußerst unwahrscheinlich, wenn wir bedenken, daß die Natur beinahe überall, wo wir sie näher kennen zu lernen Gelegenheit haben, die einfachsten Mittel in Bewegung zu setzen pflegt, um ihre Zwecke zu erreichen. Wir werden daher wohl annehmen müssen, daß diese Unregelmäßigkeiten und Verwicklungen, welche wir bei dem Laufe der Planeten bemerken, nur scheinbar sind, und daß sie sich nur für uns mit allen diesen Complicationen darstellen, während sie vielleicht für Andere oder auch für uns, aber unter andern Verhältnissen eben so einfach seyn würden, als die Bahnen der Sonne und des Mondes, die beide so regelmäßig in größten Kreisen am Himmel einhergehen.

Aber welcher Art sind diese Verhältnisse, wodurch jene Einfachheit der Bewegung der Planeten bedingt seyn soll? — Was auch die Antwort auf diese Frage seyn mag, so viel ist klar, daß jene Unregelmäßigkeiten, so verwickelt sie uns auch erscheinen, sich doch offenbar nach dem Stand der Sonne, oder was hier dasselbe ist, nach der Stellung der Erde richten, welche diese, die immer der Sonne gegenübersteht, im Himmelsraume eben einnimmt. Es wird nicht unangenehm seyn, dieß etwas genauer zu untersuchen, da wir vielleicht eben dadurch der wahren Erklärung jener Erscheinungen näher kommen werden.

§. 98. (Periode dieser Bewegungen, und synodische Revolution der Planeten). Die auffallendsten jener Unregelmäßigkeiten, die Schlingen der Bahn, wo der Planet einen Rücksprung macht, um seinen eigenen Weg zu durchschneiden, haben immer in der Nähe seines Stillstandes, und um die Zeit Statt, wo er entweder bei der Sonne, oder, für die oberen Planeten, ihr gerade gegenüber steht, und wo der Durchmesser desselben am größten erscheint, also wohl der Planet selbst uns am nächsten ist. Die Orte des Himmels, wo diese Stillstände und Schlingen Statt haben, än-

dern sich zwar mit jedem Jahre, aber die Stellung des Planeten gegen die Sonne, wenn jene Erscheinungen Statt haben, bleibt immer dieselbe, und die Zeiten, welche von einer Zurückkunft des Planeten zur Sonne bis zur nächstfolgenden verfließen, sind im allgemeinen immer dieselben. Man nennt diese Zeiten die synodischen Umläufe oder die Revolutionen der Planeten in Beziehung auf die Sonne. Es fehlt allerdings auch hier nicht an Ungleichheiten, wie auch bereits oben bemerkt worden ist, aber wenn man die sogenannte mittlere Größe dieser Umläufe aus sehr weit z. B. aus Jahrhunderten von einander entfernten Beobachtungen sucht, so findet man sie immer von gleicher Größe. Man findet so für die synodische Revolution Merkurs $115,_{87}$ Tage, Venus $583,_{92}$, Mars $779,_{88}$, Vesta $505,_{0}$, Juno $474,_{0}$, Pallas und Ceres $466,_{5}$, Jupiter $398,_{8}$, Saturn $378,_{0}$ und Uranus $369,_{7}$ Tage. Diese Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne sind es also, durch welche jene Erscheinungen des Vor- und Rückwärtsgehens, und des Stillstandes der Planeten gleichsam regulirt werden, so daß diese Phänomene alle in derselben Ordnung während einer synodischen Revolution periodisch wiederkehren. So kömmt z. B. Jupiter immer 142 Tage nach seiner Conjunction (§. 73) mit der Sonne, wenn er von ihr 117 Grade entfernt ist, zu seinem ersten Stillstand, nach welchem er seine rückgängige Bewegung anfängt, die 119 Tage dauert, so daß er am Ende von 261 Tagen nach seiner Conjunction in seinen zweiten Stillstand tritt, nach welchen er wieder seine rechtläufige Bewegung anfängt, und so fort bei allen anderen Planeten.

§. 99. (Durchgang der Planeten durch die Ebene der Ecliptik). Noch auffallender zeigt sich diese Abhängigkeit jener Anomalien von der Sonne bei dem Durchgange der Planeten durch die Ecliptik oder durch die Ebene der Erdbahn. Es ist leicht, den Augenblick zu finden, wann der Planet durch die Ecliptik geht. Man darf nur zu der Zeit, wo er sich in ihrer Nähe aufhält, täglich die Rectascension und Declination desselben beobachten, und daraus durch Rechnung die Länge und Breite der Planeten ableiten. Findet man auf diese Weise zwei Tage, an deren erstem der Planet nördlich, und an den zweiten südlich von der Ecliptik stand, so findet man daraus, und aus der täglichen Aenderung der

Breite durch eine einfache Proportion die Zeit, wann diese Breite verschwindet, oder wann der Planet durch die Ecliptik geht. Vergleicht man nun wieder, um andere kleinere Ungleichheiten des Planetenlaufs zu umgehen, Jahrhunderte weit von einander entfernte Zeiten solcher Durchgänge, so findet man, für je zwei nächste Durchgänge des Planeten, immer denselben mittlern Werth, oder mit andern Worten, die Zeit von einem Durchgange des Planeten bis zu dem nächstfolgenden, ist im allgemeinen immer dieselbe, der Planet mag bei diesen Durchgängen eine directe oder eine retrograde, eine große oder eine kleine Geschwindigkeit haben. Da nun der Mittelpunkt der Sonne ebenfalls in der Ecliptik liegt, wie jener der Erde, so wird auch ein Beobachten in der Sonne den Planeten in demselben Augenblicke, wo wir ihn durch die Ebene der Ecliptik gehen sehen, in derselben Ebene erblicken, daher auch für jenen die Intervalle dieser Durchgangszeiten einander gleich seyn werden. Diese auffallende Regelmäßigkeit der Bewegung der Planeten, wenn sie von der Sonne aus in dem Punkte, wo sie durch die Ecliptik gehen, betrachtet werden, muß auf die Vermuthung führen, daß vielleicht auch noch mehrere andere der oben angeführten Anomalien verschwinden würden, wenn wir die Planeten in allen ihren Punkten von der Sonne aus beobachten könnten; daß also wohl die Sonne, und nicht die Erde, die eigentliche Stelle seyn möge, aus welcher wir dieses Schauspiel betrachten sollten, um es in seiner ganzen Schönheit und Einfachheit zu übersehen, und daß endlich alle jene Sonderbarkeiten nur scheinbar seyn, und ihren Grund darin haben können, daß wir sie von einem Standpunkte, der sich selbst um die Sonne bewegt, also von einem in jedem Augenblicke veränderten Standpunkte betrachten.

So richtig dieser Schluß auch seyn mag, und so sicher er, wie uns alles, was wir bisher über die Bewegung der Erde bereits kennen gelernt haben, vermuthen läßt, zu einer glücklichen Auflösung des großen Problemes zu führen scheint — unsern Vorgängern war dieser Weg verschlossen, und die Aufgabe mußte, so viel Scharfsinn sie auch darauf verwendeten, für sie unauflösbar bleiben.

§. 100. (Siderische Umlaufszeiten der Planeten). Diese Bemerkung, daß die Zwischenzeiten der Zurückkunft der Planeten zur Ecliptik, von dem Mittelpunkte der Sonne gesehen, immer dieselben, oder daß sie constant sind, ließ uns vermuthen, daß wohl diese Sonne selbst der wahre Mittelpunkt der Bewegung jener Planeten seyn könne. Gehen wir noch einen Schritt weiter, und nehmen wir an, daß, aus diesem Mittelpunkte der Sonne gesehen, die früher so sonderbaren und verwickelten Bewegungen eben so einfach erscheinen mögen, wie uns die Bewegung der Sonne und des Mondes erscheint. Diese beiden Gestirne gehen nämlich für uns in einem größten Kreise des Himmels um den Mittelpunkt der Erde, und dieß aus der Ursache, weil diejenigen Ebenen, in welchen ihre kreisförmigen Bahnen liegen, selbst durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Sollen also die Planeten um die Sonne eben so einfache größte Kreise am Himmel beschreiben, so müssen ihre Bahnen ebenfalls in Ebenen liegen, die durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Diese Ebenen können aber den Ebenen der Ecliptik nicht parallel seyn, weil wir sonst, selbst von der Erde aus, die immer in der Ecliptik bleibt, die Planeten nie über oder unter derselben sehen könnten. Diese durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden Ebenen der Planetenbahnen, werden also die Ebene der Ecliptik irgendwo in einer geraden Linie schneiden, und diese Linie wird selbst wieder durch den Mittelpunkt der Sonne gehen. Wir wollen diesen Durchschnitt beider Ebenen die Knotenlinie der Planetenbahn nennen. Verlängert man sie zu beiden Seiten, bis sie die Sphäre des Himmels in zwei Punkten trifft, so können diese zwei Punkte die Knoten der Planetenbahn heißen, und zwar der eine der aufsteigende, von dem sich der Planet, wenn er in jene Durchschnittslinie kömmt, über die Ecliptik oder gen Norden erhebt, und der andere entgegengesetzte, von dem er unter die Ecliptik oder gegen Süden geht, der niedersteigende Knoten. Man pflegt jenen durch ☊ und diesen durch ☋ zu bezeichnen.

Ist diese Voraussetzung, daß die Bahnen aller Planeten ebene Curven sind, und daß die Ebenen, in welchen sie liegen, alle durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, richtig — und wir werden sie weiter unten vollkommen bestätigt finden — so wird also auch jene

Zwischenzeit zwischen den zwei nächsten Durchgängen des Planeten durch denselben Knoten, von der Sonne oder, was, wie wir bereits wissen, dasselbe ist, von der Erde gesehen, die Zeit des Umlaufs des Planeten um die Sonne, oder, wie man sich auch auszudrücken pflegt, jene Zwischenzeiten werden die siderischen Revolutionen des Planeten seyn, weil nämlich in dieser Zeit der Planet in seiner Bahn volle 360 Grade um die Sonne beschrieben haben, und am Ende dieser Zeit, von der Sonne aus gesehen, wieder bei demselben Knoten, oder, was dasselbe ist, bei demselben Fixstern (sidus) erscheinen wird, bei welchem er am Anfange derselben gesehen wurde, vorausgesetzt, daß dieser Knoten selbst, während jener Zwischenzeit, seinen Ort am Himmel nicht verändert hat, was, den Beobachtungen zu Folge, wenigstens sehr nahe der Fall ist. Diese siderischen Revolutionen werden von den oben (§. 98) angeführten synodischen Umlaufszeiten sehr verschieden seyn, da die letzten die Zeiten der Zurückkunft des Planeten zur Sonne, also zu einem selbst wieder beweglichen Punkte, jene aber die Wiederkehr zu einem Fixsterne, d. h. zu einem festen Punkte des Himmels bezeichnen.

Dieß gibt daher ein sehr einfaches Mittel, die siderischen Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne zu bestimmen, da die Beobachtungen ihres Durchgangs durch die Ecliptik, wie wir oben gesehen haben, keinen weiteren Schwierigkeiten unterliegen. Die folgende Tafel gibt diese Umlaufszeiten für alle Planeten. Da aber, wenn diese Zeiten bekannt sind, durch Hilfe des oben (§. 58) angeführten Gesetzes von Kepler auch sofort die Verhältnisse der mittleren Distanzen der Planeten von der Sonne oder die Halbmesser ihrer kreisförmigen Bahnen gegeben sind, so wurden auch diese der Tafel beigefügt. Unter diesen Distanzen ist die mittlere Distanz der Erde von der Sonne als Einheit angenommen worden. Da aber, wie bereits §. 65 gesagt wurde, diese mittlere Distanz 20.657.700 Meilen beträgt, so wird man die Zahlen der zweiten Kolumne dieser Tafel durch 20.657.700 multipliciren, um die Halbmesser der übrigen Planetenbahnen in Meilen ausgedrückt zu erhalten.

	Siderische Revolutionen	Mittlere Distanzen
Merkur	87,9693 Tage	0,38710
Venus	224,7008	0,72333
Erde	365,2564	1,00000
Mars	686,9796	1,52369
Vesta	1327,6	2,3632
Juno	1593,8	2,6704
Ceres	1681,4	2,7672
Pallas	1682,5	2,7685
Jupiter	4332,5963	5,20116
Saturn	10758,96984	9,53781
Uranus	30688,71268	19,18318

§. 101. (Grundsätze der Planetentheorie bei den älteren Astronomen). Nach dieser Digression gehen wir nun wieder zu den Erklärungen der alten Astronomen zurück. Sie gingen von dem Grundsatze aus, daß die Erde in der Mitte des Weltraums unbeweglich ruhe, weil dieß dem äußern Scheine gemäß ist, und weil die Erde, nach ihrer Meinung, der wichtigste Körper des Himmels ist, dem es daher nicht angemessen seyn kann, sich um die andern, die nur ihretwegen da sind, zu bewegen. Mit diesem Princip verbanden sie ein zweites von nicht größerm Werthe, daß nämlich alle Bewegungen der Himmelskörper, wo sie Statt haben, in Kreisen vor sich gehen müssen, weil der Kreis die vollkommenste aller krummen Linien, und daher allein dem großen Urheber der Natur angemessen ist. Diese zwei teleologischen, auf nichts gegründeten Meinungen wurden allgemein als unumstößlich, ja sogar, durch eine sonderbare Verwirrung der Begriffe, als unangreifbar angenommen, und sie waren es, die uns Jahrtausende hindurch die Wahrheit verschleierten, und die richtige Erkenntniß der Einrichtung der Natur unmöglich machten.

§. 102. (Ptolemäisches Planetensystem). Dessenungeachtet drängten sich jene Erscheinungen der Planeten dem aufmerksamen Beobachter auf, und eine Erklärung derselben mußte versucht werden. Ptolemäus, der um die Mitte des zweiten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung in der berühmten Schule von Alexandrien lebte, war, so viel wir wissen, der erste, der sich an dieses Problem gewagt hat. Er gab seine Auflösung in dem Werke, μεγαλη

συνταξις, das bei uns unter der arabischen Benennung des Almagests bekannter ist. Nach ihm steht die Erde in dem Mittelpunkte von eilf concentrischen Kreisen oder Sphären still, und die Planeten bewegen sich in der Peripherie dieser Kreise so, daß in dem ersten, kleinsten oder der Erde nächsten Kreise der Mond einhergeht, während in den sechs folgenden immer weitern Kreisen sich Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn bewegen; Uranus und die vier neuen Planeten kannte er noch nicht, konnte sie also auch in sein sogenanntes System nicht aufnehmen. Ueber dem Kreise Saturns, der die siebente Sphäre bildet, nahm er eine achte an, in welcher alle Fixsterne sich bewegen sollten. Eine neunte und zehnte gebrauchte er, um die Phänomene der Präcession, von welchen wir weiter unten sprechen werden, zu erklären, und eine eilfte Sphäre endlich, die unter dem Namen des Primum mobile alle andern umschloß, hatte den Auftrag erhalten, alle zehn innere Sphären, in welchen jeder der genannten Himmelskörper vermöge seiner ihm eigenthümlichen jährlichen Bewegung gen Ost ging, gemeinschaftlich in jedem Tage von Ost nach West um die ruhende Erde zu führen. Indem diesem allgemeinen Impulse auch die vierte Sphäre, in welcher die Sonne sich bewegte, gehorchte, entstand der Tag und die Nacht, und um eben so auch die Entstehung der Jahreszeiten nicht unerklärt zu lassen, ertheilte er dieser Sonne in ihrer Sphäre noch eine eigene jährliche, schraubenförmige Bewegung, wodurch sie sich in mannigfaltigen Windungen während der einen Hälfte des Jahres von dem Aequator der Erde entfernen, und in den andern sich ihm wieder nähern sollte.

§. 103. (Fehler dieses Systems) Diese Anordnung unserer Sonnenwelt wird das Ptolemäische Planetensystem genannt. Es wird aber nicht angemessen seyn, dasselbe hier umständlich zu erläutern, da es für jeden, der das Vorhergehende auch nur mit einiger Aufmerksamkeit gelesen hat, seine Widerlegung selbst mit sich trägt. In der That lassen sich viele der oben angeführten Erscheinungen durch dieses System nicht erklären, ja einige stehen sogar mit demselben in geradem Widerspruche. Nach dieser Anordnung, müßten wir die zwei untern Planeten, Merkur und Venus, auch zuweilen der Sonne gegenüber oder mit ihr in

Opposition (§. 73) sehen, was aber den Beobachtungen zu Folge nie der Fall ist, da wir sie vielmehr immer in der Nähe der Sonne erblicken. Ptolemäus ordnete offenbar die Planeten in seinem Systeme so an, daß er den geschwindesten für den nächsten, und den langsamsten für den entferntesten von der Erde hielt. So kam der Mond, der in 27 Tagen, und Saturn, der erst in 29 Jahren um die Erde geht, an die beiden äußersten Gränzen, und die Sonne, Mars und Jupiter wurden nach dieser Regel leicht zwischen jene eingeschaltet. Aber wo sollten nun Merkur und Venus hingesetzt werden, sie, die bald geschwinder, bald wieder langsamer, als die Sonne gehen? Sie mit Ptolemäus ohne weiteres zwischen die Erde und die Sonne zu setzen, geschieht offenbar ohne hinreichende Ursache, und nur auf Gerathwohl. Ferner ändern sich die scheinbaren Durchmesser der meisten Planeten, also auch ihre Entfernungen von der Erde, so sehr, daß man die letzten unmöglich für den Mittelpunkt der Kreise, in welchen sich die Planeten bewegen, ansehen kann. So ist der scheinbare Durchmesser der Venus zuweilen sieben und der des Mars neun Mal größer, als zu andern Zeiten. Wenn man aber für dieselben Zeiten ihre Entfernungen von der Sonne berechnet, so findet man, daß diese letzte sehr nahe immer dieselbe bleibt, daß also auch die Sonne, und nicht die Erde, der Mittelpunkt ihrer Bewegungen seyn muß. Wie unwahrscheinlich ist es ferner, daß diese kleine Erde so große und so entfernte Himmelskörper, wie z. B. Jupiter oder selbst die Sonne ist, in Kreisen um sich führen soll, und wie viel unwahrscheinlicher ist es noch, daß dieselbe Erde die äußerste oder eilfte Sphäre, und durch diese die Sphären aller andern Planeten, und selbst die der Fixsterne, in einer so sonderbaren Bewegung, und alle ohne Ausnahme in derselben Zeit täglich um ihren Mittelpunkt bewegen soll. Ptolemäus scheint diesen Ungereimtheiten dadurch begegnen zu wollen, daß er jene Sphären als feste Körper, gleichsam als krystallene Kugelschaalen, annahm, die den in ihren Oeffnungen angebrachten Planeten mit sich selbst um die Erde wälzen. Aber was sollte man, wenn man auch diesen wunderlichen Einfall annehmen wollte, mit den unzähligen Kometen anfangen, die oft aus viel größeren Entfernungen, als die äußersten Planeten, sich zur Erde oder zur Sonne herablassen,

und sich dann, auf ihrem Rückwege wieder in die ungemessenen Räume des Himmels verlieren? Müßten sie diese krystallene Sphären nicht schon längst in allen ihren Theilen durchlöchert und zertrümmert haben?

§. 104. (Aegyptisches Planetensystem). Diese und mehrere andere Gründe zeigen die Unzuläßigkeit dieses Systems zu deutlich, als daß man ihm noch länger anhängen könnte. Auch fühlten dieß schon die älteren Astronomen, und besonders fiel ihnen die bereits oben angeführte Bemerkung auf, daß man Merkur und Venus nie der Sonne gegenüber sieht, wie man sie doch, bei einer solchen Anordnung derselben, sehen müßte. Sie suchten daher auch die angegebene Ordnung der Planeten dahin abzuändern, daß sie den Mond, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn in immer größeren Kreisen, wie zuvor, um die in ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkte ruhende Erde einhergehen ließen, die beiden unteren Planeten aber in andern kleineren Kreisen, deren Mittelpunkt die Sonne ist, um dieselbe bewegten. Auf diese Weise entstand das sogenannte Aegyptische System, in welchem die Sonne der Mittelpunkt der Bewegung für die zwei unteren Planeten, die Erde aber für die Sonne sowohl, als auch für alle übrigen Planeten war. Dadurch wurde nun wohl die erwähnte Erscheinung, welche diese zwei Planeten darbieten, gerettet, da sie fortan immer nur als Begleiter der Sonne in ihrer Nähe gesehen werden konnten, aber die anderen Einwürfe, welche wir gegen das ganze System aufgestellt haben, bleiben noch immer in ihrer ganzen Stärke, und vor allem ist die Frage noch nicht einmal berührt, wie man sich denn, bei einer solchen Anordnung, das Vor- und Rückwärtsgehen, und den Stillstand der Planeten erklären soll.

§. 105. (Zwei verschiedene Arten von Ungleichheiten der Planeten). Diese wichtige Frage beschäftigte die griechischen Astronomen eine lange Zeit, und sie beantworteten sie endlich auch auf eine Weise, die, man muß es gestehen, ihrem Scharfsinne Ehre macht, wenn sie gleich jetzt, wo wir die wahre Antwort bereits kennen gelernt haben, als irrig erklärt, und als einer der vielen Beweise angeführt werden muß, wie weit sich der menschliche Geist, wenn er sich einmal von einer Meinung beherrschen läßt,

von der Wahrheit verlieren, und indem er sie mit dem besten Willen, und mit aller Anstrengung seiner Kräfte zu erreichen strebt, sich immer nur noch tiefer in den Irrthum hineinstudiren kann.

Um aber diese ältere Auflösung unseres Problemes besser zu übersehen, ist es nöthig, voraus zu bemerken, daß die Ungleichheiten, welche man in den Bewegungen der Planeten beobachtete, eigentlich zweierlei Art sind. Die einen sind die bereits erwähnten Ungleichheiten, die sich, wie wir gesehen haben, bloß nach dem Stande der Planeten gegen die Sonne richten, und deren Periode die synodische Revolution der Planeten (§. 98) ist, und man nannte sie die zweite Ungleichheit. Allein außer diesen Anomalien gab es noch andere, die keinesweges in die Periode der synodischen Revolution paßten, sondern die vielmehr mit der siderischen Umlaufszeit (§. 100) zusammen hingen, indem sie immer dann wieder eintraten, wenn der Planet dieselbe Lage, nicht gegen die Sonne, sondern gegen die Fixsterne einnahm. Diese Anomalie, welche sie die erste Ungleichheit nannten, zeigte sich nicht in so auffallenden Veränderungen, von Vor- und Rückwärtsgehen, von Schlingen und Stillständen, sondern vorzüglich nur in einer Aenderung der Geschwindigkeit, mit welcher der Planet in seiner Bahn einhergeht. Diese Ungleichheit zeigte sich z. B. selbst bei der Sonne, wo sie von den Alten um so leichter bemerkt werden konnte, da die Sonne keine Ungleichheiten der zweiten Art hatte, und daher jene erste allein, und mit andern Störungen unvermischt zeigte. Man bemerkte nämlich, daß die tägliche Aenderung der Sonne in Länge immer am größten wurde, und 3671 Secunden betrug, wenn die Länge der Sonne selbst nahe 280° hatte, oder wenn sie, im Anfange des Januars, im Sternbilde des Schützen erschien, während sie die kleinste Geschwindigkeit von 3432 Secunden in der Länge von 100° oder im Anfang des Julius hatte, wo sie sich in dem Sternbilde der Zwillinge aufhielt. Noch viel bedeutender waren diese Differenzen bei Merkur, der, wenn er von der Sonne gesehen, in dem östlichen Theile des Widders erschien, 6° 18′ und gegenüber in der Mitte der Wage, nur 2° 44′ täglich in seiner Länge vorrückte, eine Veränderung, die während einer Woche schon 24 Grade betrug, und daher der

Aufmerksamkeit der älteren Beobachter nicht entgehen konnte, wenn sie gleich bei diesem Planeten noch mit den Ungleichheiten der zweiten Art vermischt erschien. Eben so fanden sie die Länge des Mondes, so oft er eine bestimmte Stelle unter den Fixsternen einnahm, um sechs Grade weiter voraus, die er vermöge seiner mittlern Bewegung hätte einnehmen sollen, und eben so viel wieder hinter seinem mittlern Orte zurück, wenn er die entgegengesetzte Stelle des Himmels einnahm.

Es wird vielleicht nicht unangemessen seyn, schon hier die Bemerkung einzuschalten, daß diese erste Ungleichheit daher kömmt, daß die Planeten in der That nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen, sich um die Sonne bewegen, und daß daher ihre Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten dieser Ellipsen auch verschieden seyn müssen. Die zweite Ungleichheit aber hat ihre Ursache darin, daß wir die Planeten von der Erde, also selbst von einem veränderlichen Standpunkte, beobachten.

Auf diesen Unterschied der zwei Ungleichheiten mußte also bei jeder Erklärung, welche die Alten über die Bewegung der Planeten aufstellen wollten, gehörig Rücksicht genommen werden, ohne sich übrigens von den beiden in §. 101 aufgestellten, und als bereits erwiesen vorausgesetzten Prinzipien, der Ruhe der Erde und der kreisförmigen Gestalt der Planetenbahnen, im geringsten zu entfernen. Sehen wir zu, wie sie dabei zu Werke gegangen sind.

§. 106. (Erklärung der ersten Ungleichheit durch den excentrischen Kreis). Sey A der Mittelpunkt der kreisförmigen Sonnenbahn CC′C″ und AV die Linie der Frühlingsnachtgleichen, von welchen alle Längen in der Richtung C‴C von West gen Ost gezählt werden. Da die Bewegung im Kreise nur gleichförmig seyn kann, so nehmen wir an, daß die Sonne, welche den ganzen Kreis CC′C″ in 365,2564 Tagen zurücklegt, in jedem Tage denselben Bogen Cm = C″m″ beschreibe. Wäre nun die Erde im Mittelpunkte A jenes Kreises, so würde sie diese gleichen Bogen auch immer unter den gleichen Winkeln CAm = C″Am″ sehen, was gegen die Beobachtungen ist, da wir, nach dem Vorhergehenden, die Sonne im Winter täglich um einen größern Bogen in Länge vorrücken sehen, als im Sommer. Nehmen wir

aber die Erde irgendwo außer dem Mittelpunkte jenes Kreises, z. B. in B an, wo dann wieder die mit AV parallele Linie BV die Linie der Nachtgleichen bezeichnet, so werden, von diesem Punkte B gesehen, die beiden gleichgroßen Bogen Cm und C″m″ unter den verschiedenen Winkeln CBm und C″Bm″ erscheinen, und da der erstere dieser Winkel der kleinere ist, so wird C der Ort der Sonne im Sommer, wo ihre Länge VAC = VBC = 100° ist, und C″ der Ort derselben im Winter seyn, wo ihre Länge VAC″ = VBC″ = 280 Grade beträgt, wenn man nur die Entfernung AB der Erde von dem Mittelpunkte des Kreises so bestimmt, daß jene zwei Winkel CBm = 3432″ und C″Bm″ = 3671″ betragen. Dieß wird aber dann der Fall seyn, wenn man den Punkt B so annimmt, daß C″B = $0,_{935}$ CB oder, was dasselbe ist, daß AB = $0,_{0336}$ AC wird, oder daß die gesuchte Entfernung AB nahe den dreihundertsten Theil des Halbmessers AC des Sonnenkreises beträgt.

Dieß war auch in der That die Anordnung, durch welche die Griechen die Bewegung der Sonne darstellten. Der Kreis CC′C″, in welchem die Sonne einhergeht, während die Erde außer dem Mittelpunkte dieses Kreises, in dem Punkte B ist, nannten sie den excentrischen Kreis. Nach dieser Darstellung ist also die Sonne im Anfang des Julius in C, wo sie die kleinste Geschwindigkeit, und, wegen ihrer größten Entfernung von der Erde, auch den kleinsten scheinbaren Durchmesser hatte, und im Anfang des Junius in C″, wo sie die größte Geschwindigkeit, und zugleich ihren größten Durchmesser hatte. In dem Halbkreise CC′C″ nahmen Geschwindigkeit und Durchmesser, wie die Sonne der Erde näher kam, allmählig zu, und eben so auch in dem andern Halbkreise C″C‴C nach demselben Gesetze wieder ab. Bald nach C′ und kurz vor C‴ hatten beide Größen ihren mittlern Werth, und dieß stimmte alles genau genug mit den in jenen Zeiten allerdings noch sehr unvollkommenen Beobachtungen.

Ein ähnliches Verfahren beobachteten sie auch bei dem Monde und bei allen übrigen Planeten, um dadurch die oben angeführte erste Ungleichheit derselben darzustellen. Ohne Zweifel wurden sie in der Meinung von der Richtigkeit dieser Hypothese noch dadurch bestärkt, daß durch sie nicht bloß die Veränderung der Ge-

schwindigkeit, sondern auch die des Halbmessers der Planeten ihren Beobachtungen gemäß dargestellt wurden, indem sie voraussetzten, daß diese beiden Aenderungen bloß von der größern oder kleinern Entfernung der Planeten von der Erde kämen. Allein dieß ist keineswegs der Fall, und selbst ihre unvollkommenen Instrumente hätten sie von dem Irrthum ihrer Voraussetzung zurückbringen können, wenn sie damit die so beträchtlichen Aenderungen des Durchmessers des Mondes mit Aufmerksamkeit beobachtet hätten. Bei ihm verhalten sich nämlich die größten und kleinsten Geschwindigkeiten in einer Stunde wie die Zahlen 2302″ und 1767 oder wie $1{,}_{303}$ zu 1. Der größte und kleinste Durchmesser des Mondes aber sind wie 2011″ und 1762 oder wie $1{,}_{141}$ zu 1, da doch diese beiden Verhältnisse, die Geschwindigkeiten und der Durchmesser einander gleich seyn sollten, wenn ihre Veränderungen bloß von den verschiedenen Entfernungen des Mondes von der Erde herrühren. Sie hätten daher, wenn der kleinste Durchmesser des Mondes 1762″ betrug, den größten gleich 2296″ oder nahe 4¾ Minuten größer sehen sollen, als sie ihn in der That sahen, eine Größe, die auch ihren Instrumenten nicht leicht entgehen konnte. Sie würden dann gesehen haben, daß nicht das Verhältniß der von ihnen beobachteten Mondsdurchmesser, aber wohl das Quadrat dieses Verhältnisses gleich der Zahl $1{,}_{303}$, also gleich dem Verhältnisse der Geschwindigkeiten des Mondes sey, und diese Bemerkung würde sie vielleicht auf die Entdeckung des zweiten Keplerschen Gesetzes, von dem wir später sprechen werden, und dadurch auf eine ganz andere, und was mehr ist, auf die wahre Theorie der Planetenbewegung geführt haben. Wenn sie also auch durch dieses Verfahren die Längen oder die Geschwindigkeiten der Planeten, den Beobachtungen nahe gemäß, darstellen konnten, so war es doch unmöglich, dadurch auch die Entfernungen derselben von der Erde so, wie die Beobachtungen sie forderten, darzustellen. In der That war auch beinahe alles, was uns die Alten von den Distanzen der Planeten, etwa die des Mondes ausgenommen, überliefert haben, von keinem Werthe, da sie über diesen wichtigen Gegenstand der Astronomie ganz im Dunklen geblieben sind.

§. 107. (Erklärung der zweiten Ungleichheit durch die Epicykel). Um nun auch die zweite Ungleichheit der Planeten oder ihren Stillstand und Rückgang darzustellen, ohne dadurch weder die Erde in ihrer Ruhe zu stören, noch auch sich von der einmal beliebten Bewegung in Kreisen zu entfernen, nahm man an, daß sich auf der Peripherie CC′ des excentrischen Kreises (§. 106) der Mittelpunkt eines andern Kreises Ca von West gen Ost gleichförmig bewege, während der Mittelpunkt der Planeten in der Peripherie dieses zweiten Kreises ebenfalls von West gen Ost, und ebenfalls gleichförmig einhergeht. Man nannte diesen zweiten Kreis Ca den Epicykel, und den ersten oder den excentrischen Kreis CC′ auch den deferirenden Kreis, weil dieser in der That dem Epicykel zum Leiter diente, oder ihn um die Erde B fortführte.

Man sieht, daß man durch eine solche Anordnung das Vor- und Rückwärtsgehen und das Stillstehen der Planeten im allgemeinen leicht erklären kann. Denn wenn z. B. das Centrum des Epicykels in C″ und der Planet in seinem entferntesten Punkte a″ von der Erde B ist, so haben beide Punkte C″ und a″ dieselbe directe Bewegung nach dem Punkte m″ hin, und der Planet wird, von der Erde gesehen, die Summe jener beiden Geschwindigkeiten, oder er wird seine größte directe Bewegung haben. Wenn aber der Mittelpunkt des Epicykels nach einer halben Revolution in dem Punkte C und zugleich der Planet in dem der Erde nächsten Punkte a ankömmt, so wird die Bewegung des Punktes C gegen die linke, die des Punktes a aber gegen die rechte Seite gerichtet seyn, oder beide Punkte werden hier eine entgegengesetzte Bewegung haben, und wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Geschwindigkeit des Planeten in der Peripherie seines Epicykels größer ist als die des Mittelpunkts des Epicykels, so wird der Planet, an der Erde B gesehen, mit der Differenz jener beiden Geschwindigkeiten sich zu bewegen scheinen, und in diesem Punkte a zugleich seine größte retrograde Bewegung haben. In dem Punkte C″ steht die Richtung der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel senkrecht auf die Linie BC″, welche den Mittelpunkt des Epicykels mit der Erde verbindet. Wenn aber C″ im deferirenden Kreise und a″ im Epicykel weiter rechts fortschreitet, wird sich die Richtung der

Bewegung des Planeten a″ immer mehr gegen die Erde hin neigen, und daher derjenige Theil der täglichen Bewegung desselben, der von der Bewegung des Planeten in seinen Epicykel kömmt, immer kleiner erscheinen, während die des Mittelpunkts des Epicykels von A gesehen, immer dieselbe bleibt. Auf diese Weise wird der Mittelpunkt des Epicykels in einen Punkt gelangen, wo jener Theil der Bewegung ganz verschwindet, und wo daher der Planet nur mehr mit der constanten Geschwindigkeit des Epicykels, d. h. mit seiner mittleren, noch immer directen Geschwindigkeit fortgehen wird. Nach diesem Punkte wird sich die Richtung der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel wieder von der Erde immer mehr und mehr entfernen, oder jener Theil der Bewegung wird rückgängig, die ganze Bewegung jedoch noch immer direct seyn, aber auch zugleich immer kleiner werden, weil jener rückgängige Theil immer wächst, bis er endlich so groß, als die ihrer Natur nach immer rechtläufige Bewegung des Mittelpunkts des Epicykels wird, und dann wird der Planet für die Erde ganz still zu stehen scheinen. Da von diesem Punkte an die retrograde Geschwindigkeit jenes Theils noch weiter wächst, so wird auch die totale retrograde Geschwindigkeit des Planeten wachsen, bis sie für den Punkt C ihren größten Werth erreicht, wie oben gesagt worden ist. Aehnliche Erscheinungen werden in derselben, nur verkehrten, Ordnung, auch in der zweiten Hälfte CC′C″ der Bahn statt haben. Verfolgt man auf diese Art den Planeten durch den Lauf einer ganzen Revolution, in einer Zeichnung, so wird man dadurch nicht nur die verschiedenen Geschwindigkeiten desselben, wie sie von der Erde aus erscheinen, sondern auch die Punkte seines Stillstandes, die Bogen seines Rückgangs, und selbst die oben erwähnten Schlingen seiner Bahn leicht und deutlich darstellen können.

§. 108. (Bestimmung der Umlaufszeiten und der Halbmesser dieser beiden Kreise). Alles wird also darauf ankommen, die Halbmesser der beiden Kreise, und die Bewegungen der beiden, in ihrer Peripherie laufenden Punkte so einzurichten, daß sie den Beobachtungen, welche man an den Planeten gemacht hat, entsprechen.

Zu diesem Zwecke nahm man an, daß die Umlaufszeit des Planeten in der Peripherie seines Epicykels gleich ist der synodi-

sche Revolution (§. 98) desselben, während die Umlaufszeit des Mittelpunkts des Epicykels in der Peripherie des deferirenden Kreises für die oberen Planeten gleich der siderischen Revolution (§. 100) dieser Planeten, und für die zwei unteren Planeten, Merkur und Venus, gleich der siderischen Revolution der Sonne von 365,$_{2564}$ Tagen, oder gleich unserem Jahre ist, so daß bei diesen letzten Planeten die Länge VBC des Centrums des Epicykels immer gleich der Länge der Sonne ist. Da man ferner bemerkt, daß die oberen Planeten zur Zeit ihrer Conjunction (§. 73) ihre größte directe, und zur Zeit der Opposition ihre größte retrograde Bewegung haben, so versetzte man den Ort des Planeten zur Zeit der Conjunction in den fernsten Punkt a″ und zur Zeit der Opposition in den nächsten Punkt a seines Epicykels. Bei den unteren Planeten endlich, wo es keine Oppositionen, sondern nur zwei Conjunctionen gibt, nannte man diejenige, wo der Planet seine größte rechtläufige Bewegung, und seinen kleinsten Durchmesser hat, die obere, und die andere, wo der Planet seine größte rückläufige Bewegung, und seinen größten scheinbaren Durchmesser hat (§. 94), die untere Conjunction. Um auch sie mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen, wurden sie zur Zeit ihrer obern Conjunction in den fernsten Punkt a″ und zur Zeit ihrer untern Conjunction in den der Erde nächsten Punkt a ihres Epicykels gezeichnet.

Noch ist die Bestimmung der Halbmesser dieser beiden Kreise übrig. Ptolemäus scheint sich um die Kenntniß der wahren Entfernungen der Planeten von der Erde oder von der Sonne nicht sehr bemüht zu haben. Auch gibt die aufgestellte epicyklische Hypothese, da sie sich nur mit den Erscheinungen der Planeten beschäftigt, ohne sich um den wahren Ort derselben im Weltraume zu bekümmern, bloß die Verhältnisse, nicht aber die absoluten Größen jener Halbmesser. Man findet, daß für die oberen Planeten der Halbmesser des Epicykels sich zu denen des deferirenden Kreises verhalten müsse, wie die mittlere Entfernung der Erde zur mittleren Entfernung der Planeten (§. 100) von der Sonne, und daß für die untern Planeten des umgekehrte Verhältniß statt hat. Uebrigens sieht man leicht, daß die Wirkung des excentrischen Kreises auch durch einen zweiten Epicykel erhalten

werden könnte, dessen Mittelpunkt auf der Peripherie des ersten Epicykels einhergeht, so daß dann die Erde in dem Mittelpunkte A des deferirenden Kreises angenommen werden kann.

§. 109. (Fehler der epicyklischen Hypothese). Obschon aber durch diese Hypothese die Erscheinungen, wie sie bei den Planeten statt haben, wenigstens in Beziehung auf ihre Länge, wenn auch nicht auf ihre Distanzen, von den unvollkommenen Beobachtungen der Alten genau genug dargestellt wurden, so kann man sie doch nicht für das wahre System der Natur halten. Ja die Schwierigkeiten, welche diese Anordnung darbot, häuften sich immer mehr, je besser man die Natur selbst durch aufmerksame Beobachtungen kennen lernte. Die Bewegung der beiden unteren Planeten konnte durch jene beiden Kreise auf keine Art genügend dargestellt werden, und der Mond besonders zeigte noch mehrere große Ungleichheiten, die einer epicyklischen Bewegung desselben sogar entgegen liefen. Man versuchte es daher, auf dem Umkreise des Epicykels noch einen anderen, ja selbst einen dritten Kreis laufen, und erst in der Peripherie des letzten den Planeten selbst einhergehen zu lassen, ohne aber dadurch der Wahrheit viel näher zu kommen, da durch alle diese Maschinerien höchstens nur die Längen, die Entfernungen aber, oder die scheinbaren Durchmesser der Planeten nicht besser, zuweilen sogar noch schlechter, als zuvor, dargestellt wurden. Nicht minder kläglich, ja meistens gar nicht, wurden dadurch die Bewegungen der Planeten in der Breite berücksichtigt, da zu diesem Zwecke die Epicykeln unter einander und gegen den deferirenden Kreis besondere Neigungen erhalten müßten, wodurch das ganze Gerüste von schief auf einander laufenden Kreisen noch mehr verwickelt worden wäre. Welch' ein System, das einigen Punkten zwei und drei Epicykeln, andern nur einen, und wieder andern, wie der Sonne, gar keinen anwies, und das alle Planeten in ihrem Lauf um die Erde von der Sonne abhängig machte, die doch auch nichts weiter, als wieder ein Planet seyn sollte! Welche abenteuerliche Kraft ist es, die in dem Mittelpunkte des Epicykels, einem bloß eingebildeten, durch nichts ausgezeichneten Punkte, ihren Sitz hat, und doch den Planeten um sich zu bewegen, im Stande ist? Welch' eine sonderbare, äußerst verwickelte krumme Linie ist es, die der

in seinem Epicykel einhergehende Planet in der That im Weltraume beschreibt? Und dieser verworrenen Linie, voll Knoten und Schlingen, ungeachtet, soll derselbe Planet doch täglich einmal mit allen Fixsternen in derselben Zeit um die Erde laufen. Darf man sich noch verwundern, daß die Alten, vor der Complication aller dieser so wunderbar in einander verschlungenen Bewegungen selbst zurückschreckend, endlich auf den Einfall geriethen, jedem Planeten einen geistigen Führer, eine höhere Intelligenz, zuzuordnen, der sie, damit sie sich auf ihren labyrinthischen Bahnen, nicht verirren, mit unsichtbarer Hand durch die Himmel steuern mußte? Und sie kannten nur die größeren Ungleichheiten dieser Himmelskörper, die wenigstens ganze Grade betrugen, und denen sie auf diese Weise entgegen kommen wollten. Was würden sie gethan haben, wenn sie auch die unzähligen kleineren Anomalien, die unsere genaueren Instrumente kennen gelehrt haben, wenn sie die Aberration, die Nutation, die Präcession, und die tausend kleineren Perturbationen, welche die Planeten unter einander bewirken, auf dieselbe Weise hätten darstellen wollen. Welche unübersehbare Anhäufung von Epicykeln würden wir nöthig haben, um nur diejenigen Ungleichheiten, die über eine Minute geben, dadurch auszudrücken. Wahrlich, unsere Astronomie würde unter dieser Masse von Gerüsten eben so erdrückt werden, wie unsere Chemie, die schon so lange auf ihren Copernicus und Kepler wartet, unter der Masse von neuen Erden und Metallen, und unter einem zahllosen Heere von Namen darnieder liegt, die nur die Standorte, von welchen alles einfach erscheint, unzugänglich, und alle Uebersicht des Ganzen, so wie alle gegenseitige Verständlichkeit unmöglich machen. Ohne Zweifel ist dieses epicyklische System eines der scharfsinnigsten, aber auch der künstlichsten und verworrensten, das der menschliche Geist je ausgedacht hat, ein Gewebe von Spitzfindigkeit und Verblendung, wie nur je eines in der Metaphysik von unsern neueren Naturphilosophen ausgebrütet worden ist, und dessen sich die sonst so nüchternen Astronomen eigentlich schämen sollten. Auch regte sich zuweilen die Kraft der Wahrheit gegen diese unnatürliche Hypothese, aber ihre Stimme war zu schwach, und sie durfte am Ende gar nicht mehr gehört werden, als sich nach Jahrtausenden

der Irrthum aller bessern Köpfe bemächtigt, und sich sogar eine Art von Unverletzlichkeit höherer Art zu verschaffen gewußt hatte.

§. 110. (Copernicus). Dieß war der Zustand des erhabensten Theiles der Naturlehre von den ältesten Zeiten, die wir kennen, bis zur Mitte des sechszehnten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung, bis zu Copernicus, der der erste es unternahm, der so lange und so schnöde verkannten Wahrheit wieder ihr heiliges Recht zu verschaffen. Zwar fehlte es schon unter den älteren Griechen nicht an Männern, die freien Blicks, und ungefesselt von den verjährten Vorurtheilen der Menge, diese Wahrheit erkannten. So erzählt Plutarch (De placitis philosoph. Lib. III.) daß Philolaus von Crotona, der gegen das Jahr 450 vor Christo lebte, die Bewegung der Erde um die Sonne angenommen habe, und eben so soll Nicetas, der bald nach Philolaus in Syracus lehrte, wie Cicero sagt (Acad. Quaest. Lib. IV.), durch die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe, die bloß scheinbare tägliche Bewegung aller übrigen Gestirne von Ost gegen West erklärt haben. Aber diese Philosophen sagten dieß nur, wie sie so vieles Andere sagten, ohne es zu beweisen, und ohne die glückliche Idee weiter zu verfolgen, daher sie auch keinen Eingang, aber dafür wohl Mißachtung, und später sogar Verfolgung erfuhr. Copernicus aber pflegte sie in seinem Geiste mit unermüdlicher Sorgfalt durch sein ganzes, langes, siebenzigjähriges Leben, und nicht zufrieden, sie in seinem Werke (De revolutionibus orbium coelestium, Norimb. 1543), das kurz vor seinem Tode erschien, mit aller Vorliebe, die er für sie gefaßt hatte, auszubilden, suchte er sie auch durch Vergleichungen mit dem Himmel, durch unmittelbare Beobachtungen zu beweisen, und sie so, nicht wie jene, als einen philosophischen Satz, als einen Gegenstand für inhaltsleere metaphysische Diatriben, sondern als eine mathematische, durch Rechnung und Beobachtung erwiesene Wahrheit, als ein Factum darzustellen, an dem zu zweifeln, fortan nur denjenigen erlaubt seyn konnte, die von der Sache selbst nichts verstanden. Wo jene Philosophen des Alterthums sagten, es könnte wohl so seyn, da sagte Copernicus, es muß so seyn, und zeigte zugleich die Gründe dieser Nothwendigkeit. Auch gehörte eine seltene Kraft und selbst ein hoher Muth dazu, der allgemeinen, seit Jahr-

tausenden herrschenden Meinung kühn entgegen zu treten, und sich den Gefahren auszusetzen, oder sie geschickt zu umgehen, denen ein Jahrhundert später sein große Nachfolger, Galilei, auf derselben Bahn unterlegen ist. Daher Kepler, in Beziehung auf diese Vorurtheile, die Copernicus zu bekämpfen hatte, von ihm sagte: Vir fuit maximi ingenii et, quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber.

§. 111. (Copernicanisches Planetensystem). Nach seinem Systeme also ruht die Sonne in der Mitte der Planetenwelt, und um sie bewegen sich in immer größeren concentrischen Kreisen, deren Halbmesser und Umlaufszeiten bereits oben (§. 100) gegeben wurden, zunächst Merkur, dann Venus, die Erde, Mars, Jupiter und Saturn, denn die fünf übrigen Planeten waren ihm (nach §. 92) noch unbekannt. Die Bewegungen aller dieser Planeten um die Sonne gehen sämmtlich in der Richtung von West gen Ost, während zugleich die Erde, von dem in 27 Tagen sich um sie bewegenden Mond begleitet, in derselben Richtung, sich täglich um ihre gegen die Ecliptik oder gegen die Ebene der jährlichen Bahn der Erde schief gestellte Axe dreht, und dadurch die Abwechslung des Tags und der Nacht sowohl, als auch die der Jahreszeiten erzeugt, wie wir bereits oben (Kapitel VII.) gesehen haben.

§. 112. (Erklärung der Erscheinungen durch dieses System). Diese Darstellung ist so einfach, daß sie nur gehört zu werden braucht, um auch sogleich verstanden zu werden, und daß sie daher auch, zu ihrer weitern Erläuterung, keiner eigenen Zeichnung bedürfen wird. Sehen wir dafür, ob sich durch sie jene sonderbaren Bewegungen der Planeten, die den Alten so viele Mühe machten eben so leicht erklären lassen.

Sey S (Fig. 20) der Mittelpunkt der Sonne, und zugleich der Mittelpunkt der beiden Kreise I, II, III.. und 1, 2, 3.. in deren erstem sich die Erde, und in dem zweiten irgend ein oberer Planet um die Sonne gleichförmig gegen Osten, und so bewegen soll, daß für dieselben Augenblicke, wo die Erde in dem Punkte I, oder II.. ist, der Planet den Punkt 1 oder 2.. seiner Bahn einnehme. Wenn die Erde bald nach der Conjunction des Planeten mit der Sonne in I ist, so sieht sie den Planeten 1 in der Sphäre des Himmels bei dem Punkte 1, und die scheinbare directe Be-

wegung des Planeten erscheint hier sehr groß, weil sie die Summe der zwei wahren Bewegungen des Planeten und der Erde ist, von denen jene gegen die linke, diese aber gegen die rechte Seite gerichtet ist, so daß also hier die Bewegung des Planeten durch die ganze Bewegung der Erde vergrößert erscheint. Kömmt in einiger Zeit darauf die Erde nach II und der Planet in seiner Bahn nach 2, oder in die erste Quadratur, so daß der Winkel S II 2 ein rechter wird, so sind jetzt die Richtungen der beiden wahren Bewegungen, der Erde und des Planeten, nicht mehr einander gerade entgegengesetzt, wie in der Conjunction; der Winkel, welchen sie unter einander bilden, ist vielmehr immer kleiner, und jetzt zu einem rechten Winkel geworden. Die Richtung der Erde geht jetzt gerade auf den Planeten zu, und die scheinbare Bewegung des Planeten wird jetzt durch die wahre der Erde weder vergrößert noch verkleinert, oder die scheinbare noch immer directe Bewegung des Planeten wird hier gleich seiner wahren seyn, und der Planet 2 wird, von der Erde gesehen, am Himmel in dem Punkte 2′, viel weiter gen Ost, als in der Conjunction, erscheinen.

Nach der Quadratur aber fängt die Bewegung der Erde an, sich immer mehr gegen die linke Seite oder nach Ost zu krümmen; die Richtung ihrer Bewegung kömmt derjenigen des Planeten immer näher; sie gehen beide in der That immer mehr nach einer Seite, und die scheinbare Bewegung des Planeten wird also jetzt durch die Bewegung der Erde immer mehr verkleinert werden. Zur Zeit der Opposition, wo die Erde in III und der Planet in 3, der Sonne gegenüber, ist, werden die beiden wahren Bewegungen genau nach derselben Seite, beide senkrecht auf die Gesichtslinie S III 3 und gegen Osten gerichtet seyn. Hier wird also auch die scheinbare Bewegung des Planeten genau gleich der Differenz der beiden wahren Bewegungen seyn, und da die wahre Bewegung der Erde, als des der Sonne nähern Planeten, größer ist, als die des Planeten, so wird hier die scheinbare Bewegung des Planeten retrograd, und zwar am schnellsten retrograd seyn, daher auch der Planet von der Erde gesehen, in 3′, stark westlich hinter 2′ zurückgerückt erscheint. Es muß daher irgendwo zwischen II und III, zwischen der ersten Quadratur, und der Opposition

einen Augenblick gegeben haben, wo die beiden, nach derselben Seite gerichteten wahren Bewegungen der Erde und des Planeten gleich groß waren, und dieß war der Augenblick des **Stillstandes**, wo der Planet, von der Erde gesehen, sich am Himmel gar nicht zu bewegen scheint.

Nach der Opposition fängt die Bewegung der Erde an, sich wieder allmählig von der des Planeten weg zu krümmen, wodurch die scheinbare retrograde Bewegung des Planeten immer mehr verringert wird, bis endlich wieder beide wahre Bewegungen einander aufheben, und der Planet, von der Erde gesehen, zum zweitenmale stille steht. Von da wird seine scheinbare Bewegung wieder direct, und immer größer. Zur Zeit der zweiten Quadratur, wo die Erde in IV und der Planet in 4 ist, erscheint der letzte in 4′ etwas weiter gegen Ost vorgerückt, und hier ist wieder, wie in der ersten Quadratur, seine scheinbare Bewegung gleich der wahren, weil die der Erde, die gerade auf den Planeten gerichtet ist, keinen Einfluß auf sie äußern kann. Nach dieser Quadratur wächst die directe scheinbare Bewegung noch mehr, daher er auch, wenn die Erde in V und der Planet in 5 ist, noch weiter gen Ost in 5′ vorgerückt erscheint, bis er endlich wieder, wenn die Erde in der Mitte der von dem Planeten abgewendeten Hälfte ihrer Bahn oder in Conjunction ist, die größte scheinbare directe Bewegung erhält, und von da eine zweite, der eben angeführten ganz ähnliche, Periode seiner Bewegungen beginnt.

Es wird kaum nothwendig seyn, dieselbe Erläuterung auch für die unteren Planeten zu wiederholen. Man wird sehr leicht, die hier vorkommenden Erscheinungen durch zwei ähnliche concentrische Kreise darstellen, von welchen der äußere die Bahn der Erde, und der kleinere innere die des Planeten bezeichnet. Zur Zeit ihrer obern Conjunction (§. 108), wo die Sonne zwischen ihnen und der Erde ist, sind die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, daher hier die von der Erde gesehene oder scheinbare Bewegung direct, und am größten ist. Nach der obern Conjunction neigt sich die Richtung der wahren Bewegung des Planeten immer mehr gegen die Erde hin, oder seine scheinbare directe Bewegung wird langsamer. Zur Zeit der größten östlichen Digression geht die Richtung

seiner Bewegung, oder die Tangente seiner Bahn, gerade auf die Erde zu, und er scheint deßhalb nunmehr eben so viel auf die linke Seite zu rücken, als die Erde in ihrer Bahn rechts rückt. Nach diesem Momente entfernt sich die Tangente seiner Bahn auf der andern oder westlichen Seite immer mehr von der Erde, und es muß daher eine Stelle geben, wo seine Bewegung nach der rechten Seite genau mit jener der Erde, die ihn scheinbar nach der linken Seite vorrückt, übereinkömmt, und in dieser Stelle wird daher der Planet seinen Stillstand haben. Von da an wird nun seine scheinbare Bewegung rückgängig seyn, da die wahren Bewegungen, des Planeten und der Erde, beide nach der rechten Seite gerichtet sind, und die des ersteren, als des der Sonne näheren Körpers, auch zugleich die größere ist. In der unteren Conjunction endlich sind beide nach der rechten Seite gehenden Richtungen der wahren Bewegungen einander genau parallel, daher hier die scheinbare, rückgängige Bewegung des Planeten ihren größten Werth haben wird. Nach der untern Conjunction erneuern sich, in der andern Hälfte der Bahn, dieselben Erscheinungen in umgekehrter Zeitfolge, bis der Planet wieder seine obere Zusammenkunft mit der Sonne erreicht.

§. 113. (Vorzüge dieses Systems.) Alles dieß harmonirt mit dem oben (§. 94, 95.) erwähnten, und durch unmittelbare Beobachtungen gegebenen Phänomen, auf das Genaueste. Wenn man den beiden concentrischen Kreisen die in §. 100 angewiesenen Halbmesser gibt, und in der Peripherie derselben die Orte des Planeten und der Erde nach den ebendaselbst mitgetheilten Umlaufszeiten bezeichnet, so findet man dadurch die Orte des Stillstandes und die Bogen des Rückgangs derselben genau an deren Stelle, und von der Größe, welche ihnen diese Beobachtungen anweisen. Man sieht in einer solchen Zeichnung gleichsam auf den ersten Blick, warum die untern Planeten immer in der Nähe der Sonne sich aufhalten, und warum die Durchmesser der obern Planeten in der Opposition, und die der untern in der untern Conjunction am größten erscheinen, weil sie da zugleich in ihrer geringsten Entfernung von der Erde stehen. Eben so stimmt diese Erklärung mit der Lichtsphäre, die wir an den beiden untern Planeten beobachten, und die ganz den Abwechselungen

der Lichtgestalten ähnlich sind, welche man an dem Monde bemerkt; überhaupt auch werden durch diese Anordnung alle jene so auffallenden Sonderbarkeiten der planetarischen Bewegungen, alle jene Veränderungen, der Größe sowohl als der Richtung ihrer Geschwindigkeiten, und der durch sie erzeugten Knoten und Schlingen ihrer scheinbaren Bahnen, auf die natürlichste und einfachste Art erklärt. Die Planeten, sammt der Erde, haben alle eine directe Bewegung in Kreisen, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne ist. Dieses ist die Thatsache, und alles übrige ist bloß Schein und Täuschung, die aus der Bewegung der Erde entsteht. Das Ptolemäische System ist aus unförmlichen Stücken zusammengetragen, und äußerst zusammengesetzt, während das Copernicanische im höchsten Grade einfach und symmetrisch erscheint, so, daß man es gleichsam nur zu kennen braucht, um es auch sofort schon für das einzig wahre zu erkennen. In jenem wuchsen die Schwierigkeiten mit der Schärfe der Beobachtungen, während in diesem jede neue Beobachtung, jede neue Entdeckung auch zugleich eine neue Bestätigung der Wahrheit desselben ist, wie es denn z. B. durch die Entdeckung der Aberration des Lichtes Tausende von Sternen als Zeugen dieser seiner innern Wahrheit erhalten hat. Auch gewann die Wissenschaft, seit der Begründung jenes Systems, eine ganz neue Gestalt, und fand sich jetzt erst in den Stand gesetzt, ihrer Vollendung mit großen Schritten entgegen zu eilen. Denn, so lange die Erde stille stand, mußte auch die Astronomie stille stehen, und keine der großen Erscheinungen, die uns der Himmel darbietet, konnte erklärt werden, so lange wir den Standpunkt, aus welchem wir sie betrachten, und die Veränderlichkeit dieses Standpunktes, nicht anzugeben wußten. Nun plötzlich war die so lange verschlossene Bahn geöffnet, und wo sonst nichts als Finsterniß war, verbreitete sich schnell das helle Licht der Wahrheit. Seit jener für immerwährende Zeiten denkwürdigen Epoche, erzeugte eine Kenntniß, eine Entdeckung die andere, in stätem Fortgange bis auf unsere Tage, denn das ist das unterscheidende Kennzeichen der Wahrheit, daß sie nie allein und unfruchtbar da steht, sondern wie ein Lichtstrahl die ganze Gegend um sich erleuchtet, und andere Wahrheiten erschließt, die sie oft in ganzen Reihen als ihr Gefolge mit

sich führt. Die neue Gestalt, welche die Wissenschaft durch jene Entdeckung erhalten hat, ist nicht eine von den vorübergehenden, die mit jedem Jahrhundert wechselt, und die vielleicht durch künftige Beobachtungen verdrängt, durch andere, höhere Entdeckungen wieder verdunkelt zu werden fürchten darf; sie ist eine für alle Folgezeiten bleibende Gestalt, die durch jede neue Beobachtung auch eine neue Bestätigung ihrer Wahrheit erhalten wird, und an deren innerer Richtigkeit zu zweifeln fortan keinem Vernünftigen mehr erlaubt seyn kann, da es wohl unter allen unsern sogenannten menschlichen Wahrheiten kaum eine einzige geben mag, die so oft und so sorgfältig geprüft, die von allen Seiten, und die seit beinahe drei vollen Jahrhunderten durch so viele Tausende von Beobachtungen bestätigt wäre, als eben sie.

§. 114. (Heliocentrischer und geocentrischer Ort der Planeten.) Da also die Bewegung der Planeten, die, aus dem veränderlichen Standpunkt der Erde betrachtet, so äußerst verwickelt erscheint, aus dem wahren Centralpunkte aller Planetenbahnen, aus dem Mittelpunkte der Sonne, so einfach sich darstellt, so wird es, zur nähern Kenntniß dieser Bewegungen, sehr angemessen seyn, eine Methode zu suchen, durch welche man den von der Erde gesehenen, oder den durch unmittelbare Beobachtungen gegebenen geocentrischen Ort des Planeten in den von der Sonne gesehenen oder in den heliocentrischen Ort desselben verwandeln kann. Sey also S (Fig. 8.) die Sonne, T die Erde und P der Planet. Zieht man durch T die Linie TA parallel mit der Linie SS, die durch die Sonne und durch den Punkt der Frühlingsnachtgleiche geht, so wird, wegen der hier als unendlich weit vorausgesetzten Entfernung der Fixsterne, SST die heliocentrische Länge der Erde, SSP die heliocentrische Länge des Planeten, und ATP die geocentrische Länge des Planeten seyn. Zieht man endlich noch durch S die Linie SB parallel mit TP, so wird auch der Winkel SSB = ATP die geocentrische Länge des Planeten ausdrücken.

Man beschreibe daher mit dem größten Halbmesser, den z. B. die Ebene einer Tafel verträgt, aus dem Mittelpunkte S einen Kreis S♋♎♑, der die in Grade getheilte Ecliptik an der von der Sonne oder von der Erde unendlich weit entfernten Fläche des Himmels vorstellt. Aus demselben Mittelpunkte S

beschreibe man mit dem im §. 100 nach irgend einem Maßstabe genommenen Halbmesser die Bahn aTb der Erde und die PB des Planeten. Nehmen wir nun an, daß man für irgend eine Zeit, für welche der heliocentrische Ort T der Erde, z. B. von 30 Graden, gegeben ist, durch eine unmittelbare Beobachtung die geocentrische Länge des Planeten, die etwa 63 Grade betragen mag, kennen gelernt habe. Sucht man dann die heliocentrische Länge des Planeten für dieselbe Zeit, so wird man an der Linie SS, in dem Punkte S, die gerade Linie SB unter dem Winkel SSB = 63° ziehen, und dann mit dieser Linie eine zweite durch T parallel ziehen, so wird diese zweite Linie die kreisförmige Bahn des Planeten in irgend einem Punkte B schneiden, und dieser Punkt B wird der gesuchte Ort des Planeten in seiner Bahn seyn. Zieht man daher die Linie PS, so wird der Winkel SSP, hier nahe gleich 50 Grade, die gesuchte heliocentrische Länge des Planeten seyn.

Ist aber umgekehrt für irgend eine Zeit die heliocentrische Länge der Erde 30°, und die heliocentrische Länge des Planeten 50° gegeben, so kennt man dadurch die Lage der zwei Punkte T und P in den Bahnen dieser beiden Planeten. Verbindet man sie durch die gerade Linie TP, und zieht man mit ihr durch S die Gerade SB, welche den äußersten Kreis der Zeichnung in dem Punkte 63° trifft, so erhellt, daß die gesuchte geocentrische Länge des Planeten 63 Grade beträgt. Durch dieses Verfahren erhält man auch zugleich die Größe der Linie TP oder die Entfernung des Planeten von der Erde.

Man kann noch bemerken, daß in dem Dreiecke STP der Winkel TSP an der Sonne, oder die Commutation, gleich ist der heliocentrischen Länge des Planeten, weniger der heliocentrischen Länge der Erde, der Winkel SPT an den Planeten aber, oder die jährliche Parallaxe, ist gleich der geocentrischen Länge, weniger der heliocentrischen Länge des Planeten, und endlich der Winkel STP an der Erde, oder die Elongation, ist gleich 180°, mehr der heliocentrischen Länge der Erde, weniger der geocentrischen Länge des Planeten.

§. 115. (Theorie der Planeten in ihrer größten Einfachheit.) Die Auflösung dieser beiden Aufgaben, besonders die der ersten,

bildet ein Hauptgeschäft des practischen Astronomen, dem es vorzüglich darum zu thun ist, die Bewegung der Planeten um die Sonne, durch fortgesetzte Beobachtungen, mit der größten Genauigkeit kennen zu lernen. Indem er nämlich aus der, durch seine Beobachtung unmittelbar erhaltenen, geocentrischen Länge des Planeten die heliocentrische Länge desselben ableitet, und diese letzte mit der durch die Theorie erhaltenen, heliocentrischen Länge des Planeten vergleicht, findet er unmittelbar den Fehler, dem diese Theorie etwa noch unterworfen ist, und ist daher im Stande diesen Fehler zu verbessern.

Welches ist aber diese Theorie der heliocentrischen Bewegung, mit welcher man die beobachteten, geocentrischen Längen vergleichen soll?

Wenn wir diese heliocentrischen Bewegungen aus dem einfachen Gesichtspunkte betrachten, aus welchem wir sie bisher betrachtet haben, so besteht diese ganze Theorie in einer sehr leichten und kurzen Rechnung. Wenn nämlich die Planeten alle in der That, wie wir bisher vorausgesetzt haben, um die Sonne concentrische Kreise beschreiben, deren Ebenen mit der der Ecliptik zusammenfallen, so braucht man, da in jedem Kreise die Bewegung nicht anders als gleichförmig seyn kann, nur die Geschwindigkeit des Planeten, und einen einzigen Punkt seiner Bahn zu kennen, den er, für eine gegebene Zeit, von der Sonne gesehen, eingenommen hat, um daraus sofort, mittels einer einfachen Addition oder Subtraction, den heliocentrischen Ort des Planeten für jede andere Zeit abzuleiten. Wäre z. B. die heliocentrische Länge eines Planeten am 1. Januar Mittags in Wien gleich 10 Grade, und betrüge seine tägliche Bewegung einen Grad, so wird seine heliocentrische Länge am 20. May, oder am 140sten Tage, gleich 10 + 140 = 150 Grade, und am 20. September, oder am 263sten Tage, gleich 10 + 263 = 273 Grade betragen, und so fort für jeden andern Tag.

Diese sogenannte Theorie der Planeten hängt also, in ihrer größten Einfachheit, bloß von zwey Dingen ab, erstens von der Kenntniß einer heliocentrischen Länge desselben für eine gegebene Zeit, welche Länge man die Epoche des Planeten nennt, und zweitens von der Kenntniß seiner Umlaufszeit um die Sonne,

aus welcher man dann leicht die tägliche oder stündliche Bewegung desselben finden kann. Diese zwei Elemente jeder Planetenbahn sind es also, die man durch die oben erwähnten Beobachtungen mit der größten Genauigkeit bestimmen soll.

§. 116. (Epoche und mittlere Bewegung der Planeten.) Die Revolutionen der Planeten sind bereits oben (§. 101.) gegeben worden, und wenn man die Zahl 360 durch sie dividirt, so erhält man die tägliche Bewegung der Planeten in heliocentrischer Länge in Graden ausgedrückt. Allein man muß bemerken, daß jene Revolutionen siderische sind, oder daß sie die Umlaufszeit der Planeten um die Sonne in Beziehung auf einen Fixstern, oder auf irgend einen festen Punkt des Himmels, ausdrücken. Hier aber handelt es sich um die heliocentrischen Längen, die alle von dem Nachtgleichenpunkte gezählt werden, und da dieser Nachtgleichenpunkt, wie wir später sehen werden, sich selbst, obgleich sehr langsam, nämlich in jedem Jahr um 50″,2113 oder um 0°,01394, von Ost gegen West bewegt, so werden die Umlaufszeiten, in Beziehung auf diesen Punkt, oder, wie man sie nennt, die tropischen Revolutionen der Planeten, sämmtlich etwas kleiner ausfallen, als die siderischen. Dieser Unterschied beträgt bei der Venus nur 0,0055, bei der Erde 0,0142, bei Mars 0,0499 und bei Uranus schon 99,5554 Tage. Die folgende Tafel enthält die Epochen der ältern Planeten für den Mittag des 1. Januars 1832 in Wien, und die täglichen Aenderungen ihrer heliocentrischen Längen.

Planeten.	Epoche.	Tägliche Aenderung.
Mercur	59°,72	4°,09238
Venus	151°,23	1°,60217
Erde	100°,10	0°,98568
Mars	237°,88	0°,52407
Jupiter	333°,76	0°,08313
Saturn	153°,84	0°,03350
Uranus	311°,04	0°,01177

Für die vier neuen Planeten hat man folgende Epochen für den 1. Januar 1820 mit ihren täglichen Aenderungen:

	Epoche.	Tägliche Aenderung.
Vesta	278°,50	0°,27120
Juno	200°,27	0°,22591
Ceres	123°,27	0°,21414
Pallas	108°,42	0°,21400

§. 117. (Neigung und Knoten der Planetenbahnen.) Es wird aber gut seyn, schon hier zu bemerken, daß diese Auflösung unseres Problems noch in manchen Beziehungen sehr unvollständig ist. Wir haben, um nur des wichtigsten Mangels desselben zu erwähnen, vorausgesetzt, daß die kreisförmigen Planetenbahnen alle in den Ebenen der Ecliptik liegen, und daher mit ihr zusammenfallen, was der Wahrheit nicht gemäß ist. Sie liegen zwar in Ebenen, die sämmtlich durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, aber diese Ebenen sind, die eine mehr, die andere weniger, gegen die Ebene der Ecliptik geneigt, und diese Neigung wird, wie es für sich klar ist, auch den Ort des Himmels, an welchem man den Planeten, von der Sonne oder von der Erde aus, beobachtet, verändern, daher man auf sie Rücksicht nehmen muß.

Wir haben bereits oben (§. 100) gesagt, daß man die gerade, durch den Mittelpunkt der Sonne gehende Linie, in welcher die Ebene der Planetenbahn die der Ecliptik schneidet, die Knotenlinie, und den einen Punkt derselben, wo sie, verlängert, die Sphäre des Himmels trifft, den aufsteigenden Knoten der Bahn nennt. Dieser Punkt fällt also immer in die Ebene der Ecliptik, und damit in sie die ganze Knotenlinie. Zieht man dann, durch irgend einen Punkt dieser Knotenlinie, zwei auf dieselbe senkrechte Gerade, von welchen die eine in der Ebene der Ecliptik, und die andere in der Ebene der Planetenbahn liegt, so heißt der Winkel, welchen diese beiden Ebenen mit einander bilden, die Neigung der Planetenbahn. Dieß sind also zwei

neue Elemente der Bahn, die man ebenfalls kennen oder durch Beobachtungen genau bestimmen muß, um jenes Problem gehörig auflösen zu können.

Die folgende kleine Tafel gibt die Länge des aufsteigenden Knotens der älteren Planetenbahnen und ihrer Neigungen gegen die Ecliptik für den Anfang des Jahrs 1801. Bei der Länge des Knotens ist zugleich die Größe beigefügt, um welche sie in einem Jahrhundert zunimmt. Auch die Neigung ist mit der Folge der Zeit veränderlich, aber diese Veränderungen sind zu gering, um hier weiter berücksichtiget zu werden.

Planeten.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Säculäre Aenderung.	Neigung der Bahn.
Mercur	45°,96	1°,18	7°,02
Venus	74°,90	0°,88	3°,06
Mars	48°,00	0°,75	1°,86
Vesta	102°,96	1°,39	7°,14
Juno	170°,86	1°,39	13°,07
Ceres	80°,43	1°,39	10°,62
Pallas	172°,39	1°,39	34°,58
Jupiter	98°,44	0°,96	1°,31
Saturn	111°,94	0°,77	2°,49
Uranus	73°,00	0°,39	0°,78

§. 118. (Länge des Planeten in der Bahn und in der Ecliptik. Breite und Argument der Breite.) Durch diese Neigungen der Planetenbahnen gegen die Ecliptik werden nun die vorhergehenden Auflösungen unserer Aufgaben etwas geändert. Wir wollen sie daher noch einmal vornehmen.

Zu diesem Zwecke sey wieder S (Fig. 21) die Sonne, T die Erde und P der Planet, der letzte irgendwo außer der Ecliptik, während Sonne und Erde immer in derselben liegen. Die Ebene der Ecliptik schneide erweitert die Fläche des Himmels in dem größten Kreise AKP′ und die Ebene der Planetenbahn, die, nach dem Vorhergehenden, immer durch den Mittelpunkt der Sonne

S geht, treffe die Himmelsfläche in dem größten Kreise BKp', so ist also der Durchschnittspunkt K beider Kreise der aufsteigende Knoten der Planetenbahn und der Winkel AKB, welchen beide Kreise mit einander bilden, ist die Neigung dieser Bahn gegen die Ecliptik.

Sey der Punkt A in der Ecliptik der Frühlingspunkt, von welchem alle Längen in der Richtung AK, oder von West gen Ost, gezählt werden. Man nehme auch auf der Planetenbahn, rückwärts von K, den Bogen KB gleich dem Bogen KA, so wird also dieser Bogen KA oder KB gleich der Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn seyn, die durch unsere vorhergehende Tafel für jede gegebene Zeit als bekannt angesehen werden kann. Wir wollen diese Länge des Knotens durch k und die Neigung der Bahn oder den Winkel AKB durch n bezeichnen.

Dieß vorausgesetzt, verlängern wir nun die geraden Linien ST und Sp, welche die Sonne mit der Erde und mit den Planeten verbinden, bis sie der Fläche des Himmels, die erste in dem Punkte T', und die zweyte in dem Punkte p', begegnen, so wird der Bogen AT' die Länge der Erde in der Ecliptik bezeichnen, und analog mit dieser Bezeichnung wird man den Bogen Bp' die Länge des Planeten in der Bahn nennen. Da aber, der eingeführten Gewohnheit gemäß, alle Längen in der Ecliptik gezählt werden, so werden wir, um uns auch hier diesem Gebrauche zu fügen (nach Einl. §. 22. I.), durch den Mittelpunkt p' des Planetenorts einen größten, auf die Ecliptik senkrechten Kreis oder einen Breitenkreis (Einl. l. c.) p'P' ziehen, der die Ecliptik in P' schneidet, und dann wird, der eingeführten Benennung gemäß, dieser senkrechte Bogen p'P' die Breite des Planeten, und der Bogen AP' der Ecliptik die eigentliche Länge des Planeten seyn, die man auch, zum Unterschiede mit der obigen Länge in der Bahn, die gleich Bp' war, die reducirte Länge oder die Länge des Planeten in der Ecliptik heißt.

Man sieht von selbst, daß die Breite p'P' des Planeten unmittelbar von der Größe des Bogens Kp' der Bahn, der zwischen dem Ort p' des Planeten und zwischen dem aufsteigenden Knoten K enthalten ist, abhängt, daher auch dieser Bogen Kp,

das **Argument der Breite** heißt. Man erhält dieses Argument der Breite, wenn man von der Länge Bp′ des Planeten in der Bahn, die man aus der in §. 116 gegebenen Epoche des Planeten findet, die Länge k des Knotens (§. 117.) subtrahirt. — Dieß vorausgesetzt, gehen wir nun wieder zu unseren vorhergehenden Aufgaben zurück.

§. 119. (Theorie der Planeten, mit Rücksicht auf die Neigung ihrer Bahnen.) Um die heliocentrische Länge AP′ = l eines Planeten in der Ecliptik und seiner heliocentrischen Breite P′p′ = b für jede angegebene Zeit zu finden, wird man zuerst die Länge Bp′ des Planeten in der Bahn, nach §. 116, und die Länge k des aufsteigenden Knotens, so wie die Neigung n der Bahn aus §. 117 suchen. Diese Länge in der Bahn weniger k gibt dann das Argument der Breite Kp′, welches wir, der Kürze wegen, u nennen wollen.

Kennt man so die Größe u nebst n und k, so findet man in dem bey P′ rechtwinkligen, sphärischen Dreiecke P′Kp′ die beiden gesuchten Größen l und b auf folgende Weise.

Der Cosinus von n, multiplicirt mit der Tangente von u, gibt die Tangente von l — k, also auch den Winkel l — k, und da man k schon kennt, die Größe l selbst. Ebenso gibt der Sinus von n, multiplicirt mit dem Sinus von u, den Sinus von b, also auch diese Größe b selbst.

So findet man z. B. aus den vorhergehenden Tafeln für Saturn am 12. November 1835 im Mittag Wiens die Länge in der Bahn Bp′ = 201° 6′, und die Länge des Knotens k = 112° 12′. Beider Unterschied gibt das Argument der Breite u = 88° 54′.

Allein wir wollen hier bemerken, daß man dabei noch auf die erste Ungleichheit der Planeten, deren wir §. 106 erwähnt haben, Rücksicht nehmen sollte. Wir werden später sehen, daß diese Ungleichheit für unsern gegenwärtigen Fall 5° 48′ beträgt, um welche das Argument der Breite vermehrt werden soll, so daß man also für dieses verbesserte Argument u = 94° 42′ hat.

Sucht man nun mit diesem Werthe von u und mit der Neigung n = 2° 29′,5 die Saturnsbahn gegen die Ecliptik, nach

den so eben angeführten Ausdrücken, die Größen l und b, so erhält man

$$\begin{aligned} l - k &= 94^0\ 43' \\ k &= 112^0\ 12' \\ \hline l &= 206^0\ 55' \text{ und } b = +\ 2^0\ 29',4 \end{aligned}$$

Da hier das Argument der Breite so nahe an 90°, oder da der Planet sehr nahe in der Mitte zwischen seinen beiden Knoten steht, so ist $u = kp'$ von $l - k = KP'$ sehr wenig verschieden.

§. 120. (Ableitung des geocentrischen Ortes aus dem heliocentrischen.) Da wir nun die heliocentrische Länge $AP' = l$ und Breite $P'p' = b$ des Planeten kennen, so wird es nicht mehr schwer seyn, auch die geocentrische Länge λ und Breite β desselben zu finden. Man könnte sich dazu desselben graphischen Verfahrens bedienen, welches wir schon oben (§. 114.) angewendet haben. Allein da dieses keine große Genauigkeit gewährt, und überdieß hier, wegen der Rücksicht auf die Neigung der Planetenbahn, weniger bequem ist, so wird es besser seyn, auch hier die unmittelbare Rechnung anzuwenden.

Es sey also wieder $L = AST'$ die Länge der Erde, und $R = ST$ so wie $r = Sp$ der Halbmesser der Erd- und der Planetenbahn, so suche man zuerst die Größe $r \text{ Cos } b$, die wir, der Kürze wegen, r' nennen. Nach §. 114 ist der Winkel TSP an der Sonne oder die Commutation gleich $l - L$, also eine bekannte Größe, die wir C nennen wollen. Sucht man nun die Größe $r' \text{ Sin } C$ und dividirt sie durch $r' \text{ Cos } C - R$, so erhält man die Tangente von $\lambda - L$, also auch, da L bekannt ist, die gesuchte geocentrische Länge λ des Planeten.

Multiplicirt man dann den Sinus dieses Winkels $\lambda - L$ durch die Tangente der heliocentrischen Breite b, und dividirt man das Product durch $\text{Sin } C$, so erhält man sofort auch die Tangente von β oder die geocentrische Breite β des Planeten.

Wenden wir dieß auf unser vorhergehendes Beispiel an, so haben wir für den 12. November 1835 gefunden

hel. Länge Saturns $l = 206^0\ 55'$

hel. Breite — $b = 2^0\ 29',4$

Der Halbmesser der Saturnsbahn ist (nach der Tafel des

§. 100) gleich $r = 9{,}_{558}$, während der der Erdbahn $R = 1$ ist. Die Länge der Erde aber, für dieselbe Zeit, ist $L = 49^\circ\ 22'$. Dieß vorausgesetzt hat man $r' = 9{,}_{5298}$, $l - L = 157^\circ\ 33'$ und daher die geocentrische Länge $\lambda = 209^\circ\ 0'$ und die geocentrische, nördliche Breite des Planeten $\beta = 2^\circ\ 16'$.

§. 121. (Correction der Elemente der Planetenbahnen.) Auf diese Weise also kann man, wenn die Elemente der Planetenbahn bekannt sind, wie man sieht, durch bloße Rechnung für jede gegebene Zeit die geocentrische Länge und Breite eines Planeten finden. Hat man nun in derselben Zeit auch den Planeten in der That beobachtet, so müssen diese beiden Größen, die berechnete und die beobachtete Länge und Breite des Planeten, übereinstimmen, wenn anders die Beobachtung gut, und die der Rechnung zu Grunde liegenden Elemente richtig sind. Gesetzt, man hätte aber die geocentrische Länge $\lambda' = 209^\circ\ 2'$ und die geocentrische Breite $\beta' = 2^\circ\ 13'$ beobachtet, also jene um $2'$ größer, und diese um $3'$ kleiner, als sie durch die vorhergehende Rechnung erhalten würden, zum Beweise, daß die Elemente nicht genau richtig sind, und daher noch einer weiteren Verbesserung bedürfen. Dieser Elemente sind aber jetzt nicht mehr zwei, wie in §. 115, sondern vier, nämlich I. die Epoche oder die vorausgesetzte Länge des Planeten für irgend eine gegebene Zeit. II. Die Umlaufszeit oder, was dasselbe ist, die tägliche Geschwindigkeit desselben. III. Die Lage der Durchschnittslinie seiner Bahn mit der Ecliptik oder die Länge des Knotens, und endlich IV. die Neigung dieser Bahn gegen die Ecliptik.

Man könnte glauben, daß auch noch der Halbmesser der Planetenbahn als ein neues Element betrachtet werden müsse, da von ihm die Größe des Kreises abhängt, welchen der Planet um die Sonne beschreibt. Allein da durch das bereits oben (§. 58) erwähnte Gesetz Keplers die Halbmesser der Bahnen gegeben sind, sobald die Umlaufszeiten bekannt sind, so ist es, da wir die Umlaufszeiten schon in II. berücksichtiget haben, überflüssig, diese Halbmesser noch besonders zu beachten. Auch muß man bemerken, daß bei jenen Rechnungen die Länge der Erde oder die Größe L einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Endresultat derselben hat, da der geringste Fehler in L oft schon einen

sehr großen in λ oder β zur Folge haben kann. Allein man setzt voraus, daß der Astronom, ehe er an das schwierige Geschäft der Correction der Planeten=Elemente geht, die Theorie der Sonne durch ähnliche, vorhergegangene Arbeiten, schon so weit vervollkommnet habe, daß er im Stande ist, für jeden Augenblick den Ort der Sonne, oder was dasselbe ist, der Erde, mit aller hier nothwendigen Genauigkeit anzugeben.

Es bleibt ihm sonach nur noch die Frage zu beantworten übrig, wie viel jedes der eben angeführten vier Elemente der Planetenbahn geändert werden müsse, damit nicht nur die eine oben mitgetheilte, sondern damit überhaupt alle über den Planeten angestellte und als gut erkannte Beobachtungen mit der Theorie desselben vollkommen übereinstimmen. Es würde leicht seyn, irgend eines dieser Elemente so zu ändern, daß dadurch unsere obige Beobachtung genau dargestellt wird. Allein dadurch würde man sich vielleicht wieder desto mehr von den übrigen Beobachtungen entfernen, die doch, durch jene Elemente, alle gleich gut dargestellt werden sollen. Es ist hier nicht der Ort, die Leser mit diesem eben so wichtigen als schwierigen Geschäfte der Astronomie näher bekannt zu machen; da es genügt, nur den Weg gezeigt zu haben, auf welchem man diesen Zweck erreichen kann, worauf wir uns hier um so mehr beschränken müssen, da wir noch nicht mit allen Eigenheiten der planetarischen Bewegungen bekannt sind, und da das Copernicanische System, seiner großen, unbestreitbaren Vorzüge ungeachtet, doch noch nicht das wahre System der Natur ist, wie wir im folgenden Kapitel sehen werden.

§. 122. (Beobachtung der Distanzen der Planeten.) Wir haben oben (§. 112) bemerkt, daß zur Zeit der größten Digression der untern Planeten die Richtung seiner Bewegung oder die Tangente seiner Bahn gerade auf die Erde zugeht. Dieß gibt ein einfaches Mittel, die Distanz des Planeten von der Sonne zu finden. Hat man nämlich eine solche größte Distanz beobachtet, wo der Planet in II (Fig. 20) und die Erde in 2 ist, so ist in dem Dreiecke SII2 der Winkel an II ein rechter Winkel, und der Winkel an 2 ist unmittelbar durch die Beobachtung gegeben, da er gleich der Differenz der geocentrischen Längen des

Planeten und der Sonne ist. Der Sinus dieses Winkels ist daher gleich $\frac{S\,II}{S\,2}$ und dadurch ist also das Verhältniß der Halbmesser der beiden Kreise, also auch der Halbmesser S II der Planetenbahn bekannt, wenn jener der Erde, wie gewöhnlich, für die Einfachheit genommen wird.

Dasselbe Verfahren läßt sich auch, mit einer geringen Abänderung, auf den Mond anwenden. Zur Zeit seiner Quadraturen, oder in dem Augenblicke des ersten und letzten Viertels, steht die Linie, welche seinen Mittelpunkt mit dem der Sonne verbindet, senkrecht auf derjenigen Geraden, welche durch seinen und durch den Mittelpunkt der Erde geht. Man erkennt diesen Moment daran, daß die Oberfläche des Mondes genau zur Hälfte beleuchtet ist, oder daß die Lichtgränze, welche den dunklen Theil desselben von dem beleuchteten trennt, eine Gränze, die sonst immer eine convexe oder concave Curve ist, in eine gerade Linie übergeht. Da man nun in diesem Momente den Winkel messen kann, welchen die beiden Gesichtslinien nach dem Monde und nach der Sonne in dem Auge des Beobachters bilden, so ist der Cosinus dieses Winkels gleich der Entfernung des Mondes von der Erde, dividirt durch die Entfernung der Erde von der Sonne. Es ist aber sehr schwer, den Augenblick mit Schärfe zu beobachten, wo jene Lichtgränze des Mondes eine gerade Linie, oder wo die untern Planeten in dem Punkte ihrer größten Digression sind, daher auch diese Messung der Distanzen sehr unsicher ist, obschon sie es sind, denen wir die ersten genäherten Kenntnisse dieser Entfernungen verdanken.

§. 123. (Bestimmung der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne.) Wir haben bereits oben (§. 100) ein Mittel angegeben, die siderische Umlaufszeit eines Planeten durch die Beobachtung seiner Durchgänge durch die Knotenlinie zu bestimmen. Da aber diese Umlaufszeiten zu den wichtigsten Elementen der Planetenbahnen gehören, da ihre Beobachtung, mit gehöriger Sorgfalt angestellt, große Sicherheit gewährt, und da endlich auch, nach dem schon öfter angeführten Gesetze Keplers, die Halbmesser der Planetenbahnen unmittelbar durch jene Umlaufszeiten gegeben

werden, so wird es nicht unangemessen seyn, noch ein anderes Mittel zur Bestimmung dieser Zeiten hier beizufügen.

Die Durchgänge der Planeten durch die Knoten sind nämlich bei den meisten Planeten nur schwer mit Schärfe zu beobachten, da die Neigungen ihrer Bahnen so klein sind, und daher die Planeten die Ecliptik nur in sehr schiefer Richtung durchschneiden. Auch sind diese Knoten verschiedenen Bewegungen unterworfen, die selbst noch nicht völlig genau bekannt sind. Aus beiden Ursachen ist jene Bestimmung der Umlaufszeiten noch etwas unverläßlich.

Bemerken wir zuerst, daß die siderischen Revolutionen der Planeten die eigentlichen oder wahren Umlaufszeiten derselben um die Sonne sind, da sie die Zeit bezeichnen, in welcher der Planet wieder zu demselben festen Punkt des Himmels zurück kömmt, in welcher er also in der That volle 360 Grade um die Sonne zurückgelegt hat. Die tropische Revolution im Gegentheile (§. 116) ist die Zeit, in welcher der Planet wieder zur Frühlingsnachtgleiche zurück kömmt, so wie die synodische Revolution (§. 98) die Zeit zwischen zwey nächsten Conjunctionen des Planeten mit der Sonne ist.

Da aber der Frühlingspunkt sowohl, als auch die Sonne selbst, eine eigene Bewegung am Himmel hat, so werden die letztgenannten Revolutionen von der siderischen verschieden seyn. Es gibt aber ein sehr leichtes Mittel, sie alle unter einander zu verwandeln. Aus §. 116 weiß man, daß die tägliche, rückgängige, siderische Bewegung des Frühlingspunkts $0^{o},_{0000381}$, und daß die tägliche, directe, tropische Bewegung der Sonne oder der Erde $0^{o},_{98568}$ beträgt. Dividirt man diese Zahlen durch 360, so erhält man $0,_{000000106}$ und $0,_{002738}$. Ist daher A die siderische Revolution eines Planeten, so erhält man die tropische Revolution desselben, wenn man A durch $1 + 0,_{000000106}\,A$ dividirt. Und ist eben so B die tropische Revolution, so erhält man die synodische, wenn man B durch $1 - 0,_{002738}\,B$ dividirt. So ist z. B. für Mars (nach § 100) die siderische Revolution $686,_{9796}$ Tage, also hat man auch für die tropische Revolution dieses Planeten $686,_{9297}$, und für die synodische $779,_{88}$ Tage, wie wir auch schon §. 98 gefunden haben.

§. 124. (Beobachtung der synodischen Revolutionen.) Um nun irgend eine dieser Umlaufszeiten durch unmittelbare Beobachtung zu bestimmen, woraus dann alle andern durch Rechnung gefunden werden, wird es nothwendig seyn, zwei heliocentrische Orte des Planeten mit der Zwischenzeit zu kennen, welche, während der Planet von dem einen dieser Orte zu dem andern gekommen, verflossen ist. Es ist klar, daß man dadurch sofort die Umlaufszeit des Planeten erhält. Denn wären z. B. jene beiden heliocentrischen Längen 60° und 210°, und wäre die Zwischenzeit der Beobachtung 100 Tage, so hätte man für die tropische Revolution des Planeten $\frac{360 \times 100}{150} = 240$ Tage. Allein woher soll man diese heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Orte erhalten, da wir die Planeten nur von der Erde beobachten können?

Zu diesem Zwecke wird man den Planeten zur Zeit seiner Opposition, oder, wenn es ein unterer Planet ist, zur Zeit einer seiner beiden Conjunctionen beobachten. Da in diesen beiden Fällen die von der Erde gesehene Länge des Planeten der von der Sonne gesehenen entweder gleich oder genau 180 Grade von ihr verschieden ist (§. 74), so erhält man dadurch sofort die gesuchten heliocentrischen Längen. Hat man daher zwey nächste Oppositionen des Planeten mit der Sonne beobachtet, so würde die Zwischenzeit beider Beobachtungen auch zugleich die synodische Revolution des Planeten seyn, woraus man dann die tropische und siderische Revolution desselben durch die oben angeführten Rechnungen leicht finden kann.

Allein man wird bald erkennen, daß die synodischen Revolutionen, welche man auf diese Weise erhält, beträchtlich verschieden sind, wenn man verschiedene Paare von Oppositionen unter sich vergleicht. Diese Differenzen sind zu groß, als daß man sie den Beobachtungsfehlern zuschreiben dürfte, da man in der That die Zeiten und Orte dieser Oppositionen mit großer Genauigkeit beobachten kann. Man muß daher voraussetzen, daß uns die Bewegungen der Planeten nicht vollständig bekannt sind, daß ihre Geschwindigkeiten vielleicht nicht gleichförmig, oder daß ihre Bahnen um die Sonne vielleicht keine Kreise sind, wie wir doch bis-

her vorausgesetzt haben. So viel ist immer klar, daß die Abweichungen der Planeten von der gleichförmigen Bewegung in einem Kreise wenigstens nicht groß sind, und daß wir, bei einer ersten Annäherung, uns diese Voraussetzung wohl erlauben können. Da aber die Bestimmung der Umlaufszeit so wichtig ist, und da sie gleichsam aller weitern Ausbildung der Planetentheorie vorausgehen muß, so muß man auf Mittel bedacht seyn, diese Umlaufzeiten unabhängig von einer genauern Kenntniß der übrigen Ungleichheiten zu erhalten, welchen die Bewegungen der Planeten etwa noch unterworfen seyn könnten.

§. 125. (Benutzung der älteren Beobachtungen.) Dazu gibt es aber keinen besseren Weg, als zwei in der Zeit sehr weit von einander entfernte Oppositionen zu wählen, um aus ihnen die wahre synodische Revolution abzuleiten, vorausgesetzt, daß man bereits einen genäherten Werth derselben kennt. Dann werden nämlich die Fehler, die man entweder bei den Beobachtungen selbst oder die man dadurch begangen hat, daß man die Bewegung des Planeten vollkommen gleichförmig vorausgesetzt hat, da sie dieses doch nur beinahe sind, durch die große Zwischenzeit der beiden Beobachtungen ungemein vermindert, wie wir dieß am besten durch ein Beispiel sehen werden.

Wir haben bereits oben (§. 49 II) der ältesten Beobachtung, die auf uns gekommen ist, vom Jahre 1100 vor unserer Zeitrechnung, Erwähnung gethan. Nehmen wir an, es sey uns von demselben Jahre auch die Opposition eines Planeten erhalten worden, die am 20. Nov. alten Styls 1100 vor Chr. im Augenblicke des Mittags in Peking beobachtet worden ist. In dem gegenwärtigen Jahre 1834 ist am 22. Mai neuen Styls zur Zeit, wo es an diesem Tage wieder in Peking Mittag ist, eine andere Opposition desselben Planeten irgendwo in Europa beobachtet worden, und man weiß bereits, daß die synodische Revolution dieses Planeten nahe $535^3/_4$ Tage betrage. Die Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen beträgt 2933 Jahre und 183 Tage, oder da das Julianische Jahr $365^1/_4$ Tage hat, und da der neue oder Gregorianische Styl in dem gegenwärtigen Jahrhundert um 12 Tage vor dem alten Style voraus ist, so beträgt jene Zwischenzeit 2933 Jahre und 171 Tage oder $1.071.449,_{25}$ Tage. Da nun die synodische

Revolution dieses Planeten nahe 535,7 Tage betragen soll, so sind in dieser Zwischenzeit volle 2000 syn. Revolutionen vorübergegangen, und man wird daher die wahre Dauer einer solchen Revolution erhalten, wenn man die Zahl 1.071.449,25 durch 2000 dividirt. Dieß gibt für die gesuchte wahre synodische Revolution 535,724625 Tage. Nehmen wir nun an, die erste jener beiden Beobachtungen wäre fehlerhaft, und volle 6 Stunden zu spät beobachtet worden, dann würde die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen ebenfalls um 6 Stunden größer, und daher gleich 1.071.449,5 Tage gewesen seyn. Dividirt man auch diese Zahl wieder durch die Anzahl der Revolutionen oder durch 2000, so erhält man für die wahre synodische Revolution des Planeten 535.72475 Tage, also nur 0,000125 Tage oder 10″,8 Secunden mehr als zuvor. Jener Fehler von 6 Stunden ist also hier, durch die große Zwischenzeit, auf 10.8 Secunden, d. h. auf seinen 2000sten Theil herabgebracht worden.

Aus dieser Ursache haben auch die Griechen, welchen dieser Vortheil der ältern Beobachtungen zu jenem Zwecke nicht entgangen war, die Umlaufszeiten der ihnen bekannten Planeten mit so großer Genauigkeit bestimmt, daß die neueren Astronomen an den Revolutionen, die Ptolemäus in seinem Almagest mitgetheilt hat, nur sehr wenig mehr zu verbessern gefunden haben. Solche in der Zeit sehr weit von uns entfernte Beobachtungen würden auch noch zu anderen interessanten Untersuchungen sehr wichtig seyn, allein sie sind meistens so unvollkommen, daß man sich ihrer nicht mit Sicherheit bedienen kann. Unsere wahrhaft guten und zuverläßigen Beobachtungen beginnen erst mit dem Anfange oder genauer in der Mitte des verflossenen achtzehnten Jahrhunderts, und unsere Nachkommen werden sie einst mit großen Vortheilen zu denjenigen Bestimmungen benützen, über welche wir, aus Mangel ähnlicher Hilfsmittel, noch sehr in Ungewißheit sind.

Kapitel IX.

Kepler's Gesetze.

§. 126. (Unvollkommenheit des copernicanischen Systems.) Copernicus hatte durch die Aufstellung seines Planetensystems die seit den ältesten Zeiten allgemein angenommenen und gleichsam geheiligten Lehren von der Ruhe der Erde im Mittelpunkte des Weltalls für immer zerstört, und dadurch das große Hinderniß weggeräumt, das bisher unsere wahre Erkenntniß des Himmels und alle eigentlichen Fortschritte der Wissenschaft gleichsam unmöglich gemacht hatte. Er ist dadurch der Gründer oder vielleicht besser, der eigentliche Veranlasser der neuern Astronomie geworden, aber ohne auch zugleich der Vater derselben zu seyn, obschon man ihn oft genug so genannt hat. Denn unser gegenwärtiges System ist nicht das Copernicanische, so wie es uns sein Erfinder selbst in seinem Werke dargestellt hat. Es ist vielmehr sehr davon verschieden, und diese Verschiedenheit besteht nicht in kleinen Verbesserungen und Zusätzen, sondern in sehr wesentlichen Aenderungen, die ihm, wenn er jetzt wieder käme, sein eigenes System vielleicht selbst unkenntlich machen würden, obschon allerdings die vorzüglichste Idee, die von der täglichen Bewegung der Erde um sich selbst und der jährlichen um die Sonne, aber auch sonst nichts mehr, dem neuen Systeme ebenfalls zu Grunde liegt.

Er hatte uns gezeigt, daß die größere jener beiden Anomalien, die wir bei den Bewegungen der Planeten bemerken, oder daß die sogenannte zweite Ungleichheit (§. 105) der Alten nicht den Planeten eigenthümlich, sondern daß sie bloß scheinbar sey, und ihren Grund in der Bewegung der Erde um die Sonne habe; und dieß hat er uns auf eine Weise gezeigt, daß fortan Niemand mehr an der Wahrheit seiner Erklärung zweifeln kann, und daß diese Voraussetzung jeder künftigen Verbesserung oder Erweiterung der Wissenschaft zu Grunde liegen muß, wenn sie anders auf diese Benennung Anspruch zu machen würdig ist.

Allein jene erste Ungleichheit (§. 106) ließ sich durch die von Copernicus entdeckte Bewegung der Erde nicht darstellen. Diese Ungleichheit ist den Planeten eigenthümlich, und kein bloßer Schein, daher auch die wahre Ursache derselben in der Bewegung der Planeten selbst, nicht außer ihnen, gesucht werden muß. Die Griechen nahmen zu ihrer Erklärung den excentrischen Kreis zu Hilfe, und wir haben bereits oben (§.108) gesehen, daß die Bewegung in dem excentrischen Kreise auch durch die in einem concentrischen Kreise mit einem Epicykel vorgestellt werden kann, so wie auch bereits mehr als einmal bemerkt worden ist, daß diese Hypothese nicht einmal die unvollkommenen Beobachtungen der Alten mit hinlänglicher Genauigkeit, und daß sie besonders die Entfernungen der Planeten von der Erde gar nicht darstellte.

Copernicus aber behielt dessenungeachtet diese Hypothese der Griechen bei, so wie er sich auch nicht von der kreisförmigen Gestalt der Planetenbahnen, welche diese als die einzig mögliche erkannt haben wollten, losreißen konnte. Ihm war es genug, den einen der beiden Hauptheile der alten Irrlehren gestürzt zu haben, den wichtigsten vielleicht, oder doch den schädlichsten und gefährlichsten. Der zweite forderte ohne Zweifel mehr geistige Kraft, mehr Kenntnisse und Beharrlichkeit, aber nicht mehr jenen edeln Muth, mit welchem er einem für unerschütterlich gehaltenen Irrthume, und selbst dem täglichen Zeugnisse der Sinne entgegen trat.

§. 127. (Tycho's Planetensystem.) Eine solche Verbesserung des copernicanischen Systems versuchte, ein halbes Jahrhundert nach der Bekanntmachung desselben, Tycho Brahe, einer der größten practischen Astronomen, dessen Urtheilskraft aber in den

Vorurtheilen seiner Zeit befangen war, und dem die Wahrheit weniger galt, als eine übel begründete Auctorität. Zwar konnte auch er die nicht weiter zu bezweifelnde Bewegung der Planeten um die Sonne nicht verkennen, daher er auch Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn in immer größeren concentrischen Kreisen um die Sonne gehen ließ, die den Mittelpunkt aller dieser Kreise einnahm. Aber diese Sonne war nicht wie bei Copernicus, in Ruhe, sondern sie bewegte sich selbst in einem andern Kreise, dessen Mittelpunkt die ruhende Erde einnahm. Er stellte also wieder, wie die Alten, die Erde in den Mittelpunkt des Weltalls, und ließ um sie die Sonne gehen, welche letzte zugleich der bewegliche Mittelpunkt anderer Kreise war, in deren Peripherie die übrigen Planeten unmittelbar um die Sonne, und durch diese mittelbar um die Erde sich bewegten. Auf diese Weise glaubte er einen Mittelweg zwischen der Wahrheit, deren innere Kraft er nicht ganz verkennen durfte, und zwischen einer Auctorität, der er nicht entgegen zu treten wagte, gefunden, sich mit beiden abgefunden, und vielleicht zugleich seiner Eitelkeit einen Tribut gebracht zu haben, wenn er fortan als der Erfinder eines Systemes gepriesen wurde, das wenigstens den Beifall der einen Parthei, um deren Gunst es ihm vorzüglich zu thun war, zu erhalten hoffen konnte. Aber die immer gerechte Zukunft hat diese Hoffnungen nicht erfüllt. Sein System ist, wie alle früheren und wie alle, die der einmal erkannten Wahrheit widerstreben wollen, der verdienten Vergessenheit übergeben, und es ist in unseren Tagen kaum mehr einer Erwähnung, und noch weniger einer umständlichen Widerlegung, würdig.

§. 128. (Verfahren Kepler's). Anders verfuhr **Kepler**, der Zeitgenosse Tycho's. Sein durchdringender Geist erkannte sofort die Wahrheit des copernicanischen Systems, d. h. die Bewegung aller Planeten, sammt der Erde, um die ruhende Sonne. Aber er erkannte auch den Mangel, den sein großer Vorgänger in seinem Systeme gelassen hatte, und er fühlte in sich die Kraft und die Ausdauer, diesen Mangel zu ersetzen.

Die für ihre Zeiten vortrefflichen Beobachtungen Tycho's, deren Gebrauch für Kepler offen lag, veranlaßten ihn, die von Copernicus aufgestellte Theorie mit diesen Beobachtungen, d. h.

unmittelbar mit dem Himmel selbst zu vergleichen, und er überzeugte sich endlich durch zahlreiche und lange fortgesetzte Rechnungen, daß beide mit einander nicht in dem Grade übereinstimmten, wie man es wohl von Tycho's Beobachtungen erwarten konnte, wenn anders jene Theorie selbst der Wahrheit ganz gemäß seyn sollte.

Es wurde bereits oben bemerkt, daß Copernicus durch sein System eigentlich nur die zweite Ungleichheit der planetarischen Bewegung erklärt, und zwar auf eine solche Weise erklärt hatte, daß daran nicht weiter gezweifelt, und daß diese Sache für alle künftigen Zeiten als völlig abgethan betrachtet werden konnte. Aber die Erklärung der ersten Ungleichheit ward dadurch nicht gegeben, und Copernicus hatte es in seinen Werken nicht einmal gewagt, sie auch nur von ferne zu berühren. Diese erste Ungleichheit besteht vorzüglich darin, daß die Geschwindigkeiten der Planeten, selbst wenn sie von der Sonne aus beobachtet werden, nicht gleichförmig sind, wie sie doch seyn müßten, wenn sie sich in Kreisen bewegten, deren Mittelpunkt die Sonne einnimmt. Die Alten suchten diese Erscheinungen, wie bereits oben gesagt wurde, dadurch zu erklären, daß sie die Sonne außer den Mittelpunkt jener Kreise versetzten. Sie konnten durch diese excentrischen Kreise allerdings diese Veränderungen der Geschwindigkeiten, so weit es die unvollkommenen Beobachtungen jener Zeit erforderten, darstellen, aber sie begegneten dadurch zugleich einer anderen Schwierigkeit, die sich durch dieses Hilfsmittel des excentrischen Kreises nicht entfernen ließ, und die, wenn sie ihm die Aufmerksamkeit, die es verdiente, geschenkt hätten, sie allein schon hätte überzeugen sollen, daß ihre Erklärung nicht die wahre sey, und daß daher ihre excentrischen Kreise als ganz unrichtig verworfen werden müssen.

§. 129. (Veränderung der scheinbaren Durchmesser und der Geschwindigkeiten der Planeten.) Man beobachtete nämlich, daß die Planeten zu derselben Zeit, wo ihre heliocentrische Geschwindigkeit am größten oder kleinsten ist, auch zugleich, für ein Auge im Mittelpunkte der Sonne, am größten und kleinsten erschienen. Am besten sah man dieß bei dem Monde, von dem auch die Alten annahmen, daß er sich in einem Kreise bewege, dessen Mittelpunkt die Erde einnimmt. Die größte stündliche Bewegung des Mon-

des in die Länge ist $0^{\circ},_{6176}$, und für diese Zeit beobachtet man auch den größten scheinbaren Durchmesser desselben gleich $0^{\circ},_{553}$. Nach einer halben Revolution des Mondes, während diese beiden Größen immer abnehmen, bemerkt man die kleinste stündliche Bewegung zu $0^{\circ},_{493}$ und zugleich den kleinsten Durchmesser zu $0^{\circ},_{494}$. Da uns nun dieselben Größen, wenn sie uns näher gebracht werden, unter einem größern Winkel erscheinen und umgekehrt, so glaubten die Griechen dadurch auch sofort jene Erscheinung erklären zu können. Sie nahmen daher an, daß die Erde außer dem Mittelpunkte der kreisförmigen Mondsbahn liege, und daß der Mond, der um den wahren Mittelpunkt dieses Kreises in immerwährender gleichförmiger Bewegung einhergeht, zur Zeit seiner größten scheinbaren Geschwindigkeit, die zugleich die Zeit seines größten scheinbaren Durchmessers ist, in demjenigen Punkte seiner Bahn ist, wo er der Erde am nächsten steht, während er, nach einer halben Revolution, zur Zeit seiner kleinsten Geschwindigkeit und seines kleinsten Durchmessers, in dem von der Erde entferntesten Punkte seiner Bahn stehe. Man nannte diese beiden Punkte die Absiden der Mondsbahn, und zwar jenen, wo der Mond der Erde am nächsten steht, das Perigeum und den ihm entgegengesetzten das Apogeum des Mondes.

§. 130. (Woher diese Aenderungen kommen.) Wenn aber diese beiden Erscheinungen, nämlich die Veränderung der täglichen Geschwindigkeit und die des Durchmessers des Mondes, bloß von der Veränderung der Distanz des Mondes von der Erde kommen sollen, wie die Griechen glaubten, so müßten sich jene beiden Extreme der Geschwindigkeiten sowohl, als auch diese Extreme der Durchmesser, beide zugleich wie die größte und kleinste Distanz des Mondes von der Erde verhalten. Halten wir uns nun bloß an die Geschwindigkeiten, so ist ihr Verhältniß $\frac{0,_{6176}}{0,_{4930}}$ oder $1,_{2527}$ und dieß soll daher auch das Verhältniß der größten und kleinsten Distanz des Mondes von der Erde in seinem excentrischen Kreise seyn. Dasselbe muß nun auch, wenn anders ihre Hypothese richtig ist, aus dem Verhältnisse der beiden Durchmesser folgen. Allein dieß Verhältniß ist $\frac{0,_{553}}{0,_{494}}$ oder $1,_{1194}$, also ganz

ein anderes als zuvor, also ist auch jene Voraussetzung unrichtig, oder die beobachteten Veränderungen der an sich selbst immer gleichgroßen Geschwindigkeiten des Mondes sind nicht bloß scheinbar, kommen nicht bloß von den verschiedenen Distanzen des Mondes, sondern sie sind, zum Theil wenigstens, einer andern Ursache zuzuschreiben, und sie müssen sich daher auf eine, dem Monde selbst zukommende, ihm eigenthümliche Veränderung seiner Bewegung gründen, oder mit andern Worten, die Bahn des Mondes kann kein Kreis seyn, weil die Geschwindigkeit eines in einem Kreise bewegten Körpers, der Natur dieser krummen Linie gemäß, nicht anders als gleichförmig seyn kann, während hier doch die Bewegung des Mondes um die Erde als wesentlich ungleichförmig erscheint.

Dasselbe läßt sich auch bei der Sonne bemerken, deren Bewegung um die Erde ebenfalls sehr einfach ist, da sie, so wie der Mond, in einem größten Kreise des Himmels um uns zu gehen scheint. Die größte tägliche Bewegung der Sonne in Länge beträgt $1^{\circ},_{01943}$ und zu dieser Zeit, gegen Ende des Dezembers, hat auch der scheinbare Durchmesser der Sonne seinen größten Werth von $0^{\circ},_{54321}$. Ein halbes Jahr später, in den ersten Tagen des Julius, haben diese beiden Größen ihren kleinsten Werth, indem dann die tägliche Geschwindigkeit $0^{\circ},_{95319}$, und der Durchmesser nur $0^{\circ},_{52527}$ beträgt. Das Verhältniß dieser beiden Geschwindigkeiten ist $1,_{0695}$ und das der beiden Durchmesser nur $1,_{0341}$, also beide wieder verschieden, da sie doch, wenn jene Hypothese des excentrischen Kreises der Natur gemäß wäre, einander vollkommen gleich seyn müßten. Auch diese beiden Punkte der Sonnenbahn oder eigentlich der Erdbahn werden die Absiden derselben genannt, und zwar jener, wo die Erde der Sonne am nächsten steht, das Perihelium und der andere das Aphelium der Erde. Es ist merkwürdig, daß die Zeit, welche der Mond oder welche die Erde braucht, von einem Endpunkte ihrer Absidenlinie zum anderen zu kommen, zu beiden Seiten dieser Linie immer dieselbe ist; daß diese beiden Punkte immer dieselbe Declination, die eine nördlich, die andere südlich, haben, und daß endlich ihre Rectascension immer um 180 Grade verschieden ist, woraus folgt, daß diese beiden Punkte in der That auf einer und derselben Grade-Linie,

der Absidenlinie, liegen müssen, und daß diese gerade bei der Mondsbahn durch den Mittelpunkt der Erde und bei der Erdbahn durch den Mittelpunkt der Sonne gehen muß. Dasselbe bemerkt man auch bei allen übrigen Planetenbahnen, deren Absidenlinien, den Beobachtungen zufolge, alle durch den Mittelpunkt der Sonne gehen.

§. 131. (Verhältnisse dieser beiden Veränderungen.) Wir haben also gefunden, daß die Verhältnisse der Extreme der Geschwindigkeiten dem der Durchmesser keineswegs gleich sind. Allein wenn wir diese Verhältnisse etwas näher betrachten, so werden wir doch ohne Mühe eine andere, sehr wichtige Eigenschaft derselben bemerken. Bei dem Monde war dieses Verhältniß der Geschwindigkeiten $1{,}_{2527}$ und das der Durchmesser $1{,}_{1194}$, also das letzte bedeutend kleiner. Allein, wenn man etwa zufällig verleitet werden sollte, die sogenannten Potenzen dieser Zahlen unter einander zu vergleichen, so würde man finden, daß das Quadrat der letzten Zahl $(1{,}_{1194})^2$ gleich $1{,}_{2529}$ also schon nahe gleich der ersten Zahl ist. Ganz dasselbe hat auch bei der Sonne statt, wo das Verhältniß der Geschwindigkeiten $1{,}_{0695}$ und das der Durchmesser $1{,}_{0341}$ betrug, und wo auch das Quadrat der letzten Zahl gleich $1{,}_{0694}$ oder wieder sehr nahe gleich der ersten Zahl ist. Um diese Entdeckung, wenn es eine ist, in Worten auszudrücken, würden wir also sagen, daß die Geschwindigkeiten der Planeten, nicht, wie die Alten glaubten, wie ihre Entfernungen, sondern daß sie sich, wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne verhalten, oder mit anderen Worten: daß das Product der Geschwindigkeit in das Quadrat der Entfernung bei jedem Planeten durch alle Punkte seiner Bahn eine beständige und unveränderliche Größe sey. Bei der Sonne z. B. ist dieses Product, da man statt der Entfernung nur die Einheit dividirt durch den Durchmesser setzen darf, gleich $1{,}_{01943}$ dividirt durch das Quadrat von $0{,}_{54321}$ oder gleich $3{,}_{455}$ im Perihelium, und eben so groß findet man dieses Product auch im Aphelium. Wird aber dieselbe Erklärung auch für alle anderen Punkte der Erdbahn, außer jenen beiden, noch wahr seyn? — Dieß zu entscheiden, ist aber bloß Sache der Beobachtung.

§. 132. (Erstes Gesetz Kepler's.) Solcher Beobachtungen sind aber bereits eine unzählige Menge, nicht bloß bei der Sonne

und dem Monde, sondern überhaupt bei allen Planeten angestellt worden, und sie haben alle, ohne Ausnahme, gezeigt, daß dieses Gesetz zwischen den Geschwindigkeiten und den Entfernungen der Planeten von der Sonne für alle diese Himmelskörper, und in allen Punkten ihrer Bahnen statt habe, und daß man daher, der Analogie und der größten Wahrscheinlichkeit gemäß, dasselbe für das wahre Gesetz der Natur ansehen könne. Wir werden sogleich sehen, daß dieses Gesetz, dessen Kenntniß wir Kepler'n verdanken, und das daher auch unter der Benennung des ersten Kepler'schen Gesetzes bekannt ist, für die ganze Theorie der Bewegung der Planeten von der größten Wichtigkeit ist. Es ist, wie weiter unten gezeigt werden wird, ein ganz allgemeines Gesetz, das nicht bloß den Planeten, sondern überhaupt allen Körpern zu Grunde liegt, die sich um einen festen Punkt, als Centralpunkt ihrer Bahnen, bewegen.

§. 133. (Untersuchung der wahren krummen Linie der Planetenbahnen.) Indem also Kepler die Beobachtungen Tycho's mit der Hypothese des Copernicus verglich, nach welcher alle Planeten in Kreisen um die Sonne gehen, und indem er fand, daß sich diese Beobachtungen durch jene Hypothese nicht mit der erforderlichen Genauigkeit darstellen ließen, war er gleichsam gezwungen, irgend eine schickliche Aenderung jenes Systemes vorzunehmen, um dadurch jene so wünschenswerthe Uebereinstimmung zu erhalten. Sein Verdacht fiel gleich anfangs auf jene Kreise, welche die Alten bloß aus dem Grunde eingeführt hatten, weil der Kreis, nach ihrer Ansicht, unter allen krummen Linien die vollkommenste, also auch die der Natur angemessenste, ja die ihr allein würdige seyn sollte So wenig entscheidend solche bloß metaphysische Ursachen für die Kenntniß der Natur, die sich nur durch unmittelbare Beobachtungen erhalten läßt, auch immer seyn mögen, so wußte sich doch diese Idee bald allgemeinen Eingang zu verschaffen, und sie blieb, bis zu dem Anfang des siebenzehnten Jahrhunderts die herrschende Meinung nicht bloß der Menge, sondern auch der eigentlichen Astronomen. Copernicus, der sich doch so wenig von Vorurtheilen leiten ließ, daß er vielmehr sein ganzes Leben darauf verwendete, eines der ältesten und hartnäckigsten, das sich des menschlichen Geistes bemeistert hatte, zu besiegen,

konnte sich doch von jener Ansicht nicht trennen, und so groß auch sein Verdienst um die Wissenschaft war, so beschränkte er sich doch nur darauf, die von den Alten eingeführten Kreise anders zu vertheilen, aber diese Kreise selbst, an die er eben so fest, wie alle seine Vorgänger glaubte, wagte er nicht zu berühren.

Keplern fehlte dieser Muth nicht, und er ging mit der Kraft und der Ausdauer an sein für jene Zeiten großes, und mit vielen Schwierigkeiten verbundenes Werk. Es ist hier nicht der Ort, die Leser durch alle die Labyrinthe von Schlüssen und Rechnungen zu führen, die er selbst durchwandern mußte, um seinen Zweck zu erreichen. Er theilte uns die Resultate dieser Arbeiten in seinem Werke: Astronomia nova de motibus stellae Martis. Pragae 1609. Fol. mit und die Leser mögen in diesem Buche selbst Gelegenheit finden, den unverdrossenen Muth, die unermüdliche Geduld, und den immer treffenden Scharfblick zu bewundern, mit welchem er sich durch die weitläufigen und verwickelten Rechnungen durchwindet, und selbst die gute Laune und die lebhaften Witzspiele zu bemerken, mit welchen er seinen von so anstrengenden Arbeiten ermüdeten Geist wieder aufzuheitern suchte. Er sagt selbst in einer Stelle dieses Werkes: „Wem das Durchlesen dieser „mühevollen Rechnungen lange Weile macht, der mag immerhin „Mitleid mit mir haben, der ich sie wenigstens siebenzigmal wie„derholen mußte, während er sie nur einmal lesen darf.“ Und eine einzige dieser Rechnungen nimmt volle zehn Folioseiten ein. Hier wird es genug seyn, den Weg gezeigt zu haben, den er ging, oder vielmehr, den er hätte gehen können, um sein Ziel mit dem wenigsten Aufwand von Zeit und Mühe zu erreichen.

§. 134. (Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne.) Wenn also die Planetenbahnen fernerhin keine Kreise mehr seyn konnten, welche andere krumme Linie sollte man ihnen substituiren? — Auch diese Frage konnte nur durch unmittelbare Beobachtungen entschieden werden. Es handelte sich dabei vorzüglich um eine größere Anzahl von Entfernungen irgend eines Planeten von der Sonne in verschiedenen Punkten seiner Bahn. Kannte man diese Entfernungen, so ließ sich die Gestalt der Bahn auf dem Papiere verzeichnen, und dann konnte man zusehen, welcher Art die neue krumme Linie seyn soll.

Aber woher sollte man eine solche Anzahl von Entfernungen nehmen? Die Beobachtungen Tycho's, die Kepler sonst so gut zu brauchen wußte, reichten dazu nicht hin. Nach vielen vergeblichen Versuchen konnte er endlich bemerken, daß das von ihm bereits gefundene erste Gesetz der planetarischen Bewegung auch zu jenem Zwecke die gehörigen Mittel darbot.

Nehmen wir dazu wieder die Sonne, oder vielmehr die Erde, deren Bewegung sich für uns so einfach am Himmel darstellt, während die der andern Planeten noch durch die oben erwähnte zweite Ungleichheit, die bei der Erde ganz wegfällt, verwickelt werden. Die Astronomen haben von jeher die Sonne mit großem Fleiße beobachtet, und Tycho war hinter ihnen nicht zurück geblieben. In seinen Manuscripten fand Kepler eine große Anzahl von beobachteten Längen, aber keine Distanzen derselben von der Erde, welche letztere er doch vorzüglich brauchte. Allein so oft Tycho die Länge der Sonne in zwei zunächst auf einander folgenden Mittagen beobachtet hatte, war dadurch auch sofort die tägliche Aenderung ihrer Länge oder die tägliche Geschwindigkeit der Sonne für diesen Punkt ihrer Bahn gegeben, und mehr bedurfte er nicht, um daraus, wenn auch nicht die absolute Distanz, so doch die Verhältnisse dieser Distanzen unter einander abzuleiten.

Nach dem ersten Gesetze Kepler's ist nämlich das Produkt des Quadrats der Distanz der Sonne von der Erde in die tägliche Bewegung, für alle Punkte der Sonnenbahn, eine constante Größe. Wir haben oben diese constante Größe gleich $3{,}_{455}$ gefunden. Allein wir können sie hier, wo es sich bloß um die Verhältnisse dieser Distanzen handelt, am einfachsten gleich der Einheit annehmen. Daraus folgt also, daß für jeden Punkt der Sonnenbahn die Distanz der Sonne von der Erde gleich seyn muß der Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel der täglichen Geschwindigkeit der Sonne.

Betrachten wir nun einige dieser Punkte, für das Perihelium, wo die Länge der Sonne, von der Erde gesehen, nahe 279° ist, d. h. zu Ende des Dezembers jedes Jahrs würde die tägliche Geschwindigkeit der Sonne, wie bereits oben bemerkt, gleich $1^{0}{,}_{01943}$ Grade beobachtet. Die Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel dieser Zahl, gibt $0{,}_{9904}$. Wir können also für diesen

Punkt der Bahn, der der Erde am nächsten liegt, die Distanz der Sonne von der Erde gleich $0,_{9904}$ annehmen. Zwar kennen wir dadurch noch nicht die wahre Distanz der Sonne für diese Zeit, weil wir noch nicht wissen, auf welche Einheit sich diese Zahl $0,_{9904}$ bezieht. Aber diese Kenntniß ist uns auch hier nicht nothwendig, da wir nur die Verhältnisse mehrerer solcher Distanzen suchen, denen doch alle dieselbe, wenn gleich noch unbekannte Einheit zu Grunde liegt. Wir werden also mit irgend einem Maßstabe diese Distanz auf einer gegebenen Linie AB (Fig. 22) von irgend einem Punkte S derselben auftragen. Sey $SB = 0,_{9904}$ diese Distanz, so ist also B ein Punkt der Erdbahn und zwar der der Sonne S nächste Punkt dieser Bahn.

Nach etwa 60 Tagen am 28. Februar wurde die Länge der Sonne gleich 339° also 60° größer als zuvor, und zugleich die tägliche Geschwindigkeit derselben gleich $1,_{0025}$ beobachtet. Dieß gibt, nach dem ersten Kepler'schen Gesetze, die Distanz der Sonne von der Erde gleich $0,_{9987}$ also um $0,_{0083}$ größer, als zuvor. Man nehme also den Winkel $BSP = 60°$ und trage auf dem einen Schenkel desselben die Linie $SP = 0,_{9987}$ auf, so wird P ein zweiter Punkt der Erdbahn seyn.

Wieder nach 60 Tagen, gegen den 30. April, wo die Länge der Sonne 39° beträgt, beobachtete man die tägliche Geschwindigkeit derselben zu $0°,_{9694}$, woraus die Distanz $1,_{0156}$ folgt. Man nehme daher den Winkel $BSP' = 120°$ und trage mit demselben Maßstabe auf der Linie SB' die Distanz $SB' = 1,_{0156}$ auf, so ist B' ein dritter Punkt der Erdbahn.

Nach neuen 60 Tagen, am 2. Juli ward die Länge der Sonne 99° und die tägliche Geschwindigkeit $0°,_{95519}$ beobachtet, daher die Distanz der Sonne $1,_{0242}$ ist. Da nun die Sonne seit der ersten Epoche volle 180 Grade in Länge zurückgelegt hat, so wird man auf der ersten Linie selbst, aber auf der anderen Seite des Punktes A, die Linie $SA = 1,_{0242}$ nehmen, und A wird ein neuer Punkt der Erdbahn seyn.

§. 135. (Nähere graphische Bestimmung der Planetenbahnen.)

Setzt man dieses Verfahren noch weiter für die Sonnenlängen von 159°, 219 und 279 Graden fort, so findet man dieselben Geschwindigkeiten, also auch dieselben Distanzen wieder, die

wir bereits für die Längen von 39°, 339 und 279° gefunden haben, so daß man also die Linien SP, SP′ nur um ihre Größe rückwärts verlängern darf, um sofort auch die jenen Längen entsprechenden Punkte der Erdbahn unter der Linie ASB zu erhalten, so daß überhaupt für jeden Winkel BSP über und unter dieser Linie ASB die Distanz SP immer dieselbe ist, zum Zeichen, daß die gesuchte krumme Linie durch diese grade ASB in zwei gleiche und ähnliche Theile getheilt wird. Um diese Curve mit größerer Genauigkeit verzeichnen zu können, wird man mehrere Punkte derselben auf die angezeigte Weise z. B. von 10 oder von 5 Tagen Zeitunterschied bestimmen, und dann alle diese Punkte mit freier Hand durch eine krumme Linie vereinigen, wodurch man gleichsam eine getreue Abbildung der Erdbahn im Kleinen erhält.

Um nun aus dieser Zeichnung die Natur der krummen Linie, welche die Erde jährlich um die Sonne S beschreibt, näher kennen zu lernen, wird man zuerst den Mittelpunkt C der Graden AB oder der Absidenlinie suchen. Wir hatten aber SA = $1{,}_{0242}$ und SB = $0{,}_{9904}$. Die halbe Summe dieser beiden Größen gibt sofort CA oder auch CB = $1{,}_{0073}$ und die halbe Differenz derselben Größen gibt CS = $0{,}_{0169}$. Will man aber der größern Einfachheit wegen die Hälfte der Absidenlinie zur Einheit aller Dimensionen annehmen, oder setzt man CA = CB = 1, so wird man alle vorhergehenden Zahlen nur durch $1{,}_{0073}$ dividiren, um die Ausmessungen aller Theile dieser krummen Linie in dieser Einheit zu erhalten. Man bekömmt so CA = CB = 1, CS = $0{,}_{01677}$, SB = $0{,}_{9832}$ und SA = $1{,}_{0168}$.

Die eyförmige, in der Richtung der Absidenlinie verlängerte Gestalt dieser Curve hat viele Aehnlichkeit mit derjenigen krummen Linie, die unter der Benennung der Ellipse allgemein bekannt ist, und auf die daher jeder gleichsam von selbst geführt wird. Eine genauere Betrachtung derselben zeigt in der That, daß diese Vermuthung vollkommen bestätigt wird.

§. 136. (Eigenschaften der Ellipse.) Seyen S und S′ zwei feste Punkte in einer Ebene, an welche man die zwei Enden eines biegsamen, aber unausdehnbaren Fadens befestigt, dessen Länge größer als die Distanz SS′ ist. Wenn man diesen Faden mit

Hilfe eines Stiftes z. B. der Spitze T einer Bleifeder spannt, und so diese Spitze bei immer gespanntem Faden in jener Ebene um die Linie SS′ führt, so wird man dadurch eine krumme Linie beschreiben, welche die Eigenschaft hat, daß für alle Punkte P ihrer Peripherie die Summe der beiden Theile SP und SP′ des Fadens oder die Summe der beiden Distanzen SP und SP′ immer dieselbe ist. Unter diesen Punkten sind vorzüglich zwei merkwürdig, nämlich die Punkte B und A, die in der Verlängerung der Linie SS′ liegen, welche jene zwei fixen Punkte verbindet. Ist der beschreibende Stift in B, so liegt ein Theil des Fadens über der Linie S′B und der andere über SB, er liegt also über SB doppelt und die Distanz von S′ nach B ist gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke SB. Kömmt dann der beschreibende Stift nach A, so liegt wieder ein Theil des Fadens auf der Linie SA und der andere auf S′A; er liegt also hier über S′A doppelt, und die Distanz von S nach A ist wieder gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke S′A. Da aber diese beiden Positionen des Stiftes in nichts, als in der Lage desselben verschieden sind, indem er einmal rechts und dann links von SS′ stand, so müssen auch die beiden Stücke SB und S′A, wo der Faden in beiden Fällen doppelt lag, einander gleich seyn. In der ersten Lage waren die beiden Theile des Fadens S B und SB das heißt also S′B und S′A oder gleich AB, und in der zweiten Lage waren diese Theile SA und S′A das heißt SA und SB also wieder gleich AB. Daraus folgt also, daß die zwei äußersten Punkte A und B, in welchen der beschreibende Stift die verlängerte, durch die beiden fixen Punkte gehende Linie SS′ trifft, um die ganze Länge des Fadens von einander entfernt sind, und daß daher auch die Summe der Distanzen eines jeden andern Ortes P des beschreibenden Stiftes von ihren beiden fixen Punkten gleich derselben Distanz AB jener beiden äußersten Punkte ist.

Die krumme Linie, welche auf diese Art von dem Stifte beschrieben wird, nennt man eine Ellipse. Man sieht, daß sie einem Kreise desto näher kömmt, je näher die beiden fixen Punkte S und S′ an einander genommen werden. Versetzt man endlich diese beiden Punkte S und S′ in die Mitte C der Linie SS′, so geht die Ellipse ganz in einen Kreis über, weil dann die beiden

Distanzen PS und PS′ für alle Punkte P immer dieselben, und zwar gleich der Hälfte des Fadens oder gleich CP, d. h. gleich dem Halbmesser des Kreises werden.

Man nennt in der Ellipse jene beiden fixen Punkte S und S′ die Brennpunkte, die erwähnten äußersten Punkte B und A aber die Scheitel und ihre Distanz AB endlich die große Axe der Ellipse. Theilt man die Linie SS′ oder was dasselbe ist, die Linie AB in dem Punkte C in zwei gleiche Theile, so heißt C der Mittelpunkt und CS = CS′ die Excentricität. Errichtet man durch diesen Punkt C eine auf die große Axe AB senkrechte Linie, so ist der Theil derselben, der zu beiden Seiten von AB durch die krumme Linie begränzt wird, die kleine Axe der Ellipse. Da für die Endpunkte dieser kleinen Axe die beiden Theile SP und S′P einander gleich, also auch jeder dieser Theile gleich der halben kleinen Axe sind, so ist die Summe der Quadrate der Excentricität und der halben kleinen Axe gleich dem Quadrate der halben großen Axe, so daß daher, wenn zwei von diesen drei Größen bekannt sind, auch so fort die dritte derselben gegeben ist. Endlich nennt man die Distanz PS oder PS′ eines jeden Punktes P der Ellipse von einem der beiden Brennpunkte derselben den Radius Vector dieses Punktes.

§. 137. (Zweites Gesetz Keplers.) Kepler hatte also gefunden, daß die jährliche Bahn der Erde eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt der Sonne liegt. Es war wohl sehr natürlich, zu vermuthen, daß dasselbe auch bei den übrigen Planeten nicht anders seyn werde, und diese Vermuthung wurde bald durch die darüber angestellten Rechnungen vollkommen bestätigt. Dadurch war das zweite Gesetz Keplers gefunden, nach welchem sich also alle Planeten in Ellipsen bewegen, deren einen, allen diesen Bahnen gemeinschaftlichen, Brennpunkt der Mittelpunkt der Sonne einnimmt.

Es war nun nur noch übrig, diese schöne und wichtige Entdeckung anzuwenden und zu zeigen, wie man nun nach ihr die Bewegung der Planeten berechnen soll, um sie mit den Beobachtungen zu vergleichen, oder mit andern Worten: es handelte sich um die neue Theorie der planetarischen Bewegung, da die alte, welche die Planetenbahnen kreisförmig voraussetzte, was sie nicht

sind, nicht weiter beibehalten werden konnte. Allein dabei zeigte sich sogleich eine neue und nicht geringe Schwierigkeit. In dem Ptolemäischen sowohl als in dem Copernicanischen Systeme hing diese Theorie, wie wir oben (§. 115) gesehen haben, bloß von zwei Dingen ab: von der Epoche oder von der heliocentrischen Länge des Planeten zu einer gegebenen Zeit, und von der Umlaufszeit oder der täglichen Bewegung desselben. Denn da die Bewegung in Kreisen nicht anders als gleichförmig seyn kann, so reichten diese beiden Elemente, so lange man die Neigung der Planetenbahnen nicht berücksichtiget, vollkommen hin, den heliocentrischen Ort des Planeten für jede andere Zeit zu bestimmen, aus welcher man dann (nach §. 114 oder 120) den geocentrischen Ort desselben durch Rechnung ableiten, und ihn mit den unmittelbaren Beobachtungen vergleichen konnte.

Allein in dem neuen, von Kepler entdeckten, Planetensystem fallen die Kreise, und mit ihnen alle gleichförmigen Bewegungen der Planeten, weg. Jeder Planet bewegt sich, wie wir oben bey der Erde gesehen haben, am schnellsten in seinem Perihelium B, wo er der Sonne S in dem einen Brennpunkte seiner Bahn, am nächsten ist. Von diesem Punkte an entfernt sich der Planet immer weiter von der Sonne, während seine Geschwindigkeit regelmäßig wie verkehrt das Quadrat dieser Entfernung abnimmt, bis er endlich im Aphelium A am weitesten von der Sonne absteht, und zugleich seine kleinste Geschwindigkeit hat. Nach dem Durchgange durch sein Aphelium nimmt die Entfernung von der Sonne wieder eben so ab, und seine Geschwindigkeit eben so zu, wie jene in der ersten Hälfte seiner Bahn zu- und diese abgenommen hat, bis er endlich, nachdem er seinen ganzen Umlauf um die Sonne vollendet hat, mit derselben Geschwindigkeit wieder in seinem Perihelium B ankömmt, mit welcher er von demselben ausgegangen ist.

§. 138. (Bestimmung der Bewegung in der Ellipse.) Wie soll man nun bey einem Körper, dessen Bewegung, ihrer Größe und Richtung gegen die Sonne nach, in jeder Secunde eine andere ist, angeben können, welchen Ort er für jeden gegebenen Augenblick in seiner Bahn einnehmen wird?

Die Auflösung dieses Problems ist von der größten Wichtig-

keit, da sich ohne sie eine eigentliche Theorie der Planeten in dem neuen Systeme nicht einmal denken läßt. Sie ist aber so lange als ganz unmöglich zu betrachten, als man nicht in dieser Bewegung der Planeten irgend etwas aufgefunden hat, von dem diese ungleichförmige Bewegung abhängt, und das selbst sich gleichförmig, oder mit der Zeit proportional, ändert, so daß man das letzte, wie etwa in dem ältern Systeme, durch eine einfache Addition (§. 115) finden, und dann daraus das erste durch irgend eine Rechnung ableiten kann. Wäre z. B. die Zeit bekannt, wann der Planet, von der Sonne gesehen, durch sein Perihelium B gegangen ist, und wüßte man, daß der Bogen BP, den er in seiner Ellipse um die Sonne beschreibt, es ist, der immer gleichförmig oder proportional mit der Zeit zunimmt, so würde es nicht mehr schwer seyn, den heliocentrischen Ort des Planeten in seiner Bahn für jeden andern Augenblick anzugeben. Denn wenn die große Axe AB und die Excentricität CS der Ellipse bekannt ist, so kann man daraus auch die Größe ihrer Peripherie finden, und diese, durch die bekannte Umlaufszeit des Planeten dividirt, würde sofort auch denjenigen Theil seiner Peripherie, oder den elliptischen Bogen geben, welchen der Planet in dem Laufe eines jeden Tages zurücklegt. Ist also die Zeit, für welche man den Ort des Planeten sucht, z. B. hundert Tage nach seinem Durchgange durch sein Perihelium, so wird man nun jenen Bogen hundertmal nehmen, und dadurch den Bogen BP kennen, aus welchem sich dann durch Rechnung auch die Entfernung PS des Planeten von der Sonne, oder sein Radius Vector, und der Winkel BSP, oder die Neigung seines Radius Vector's gegen die große Axe SB finden lassen wird. Ist endlich der Winkel, welchen diese Linie SB mit der Nachtgleichenlinie macht, oder ist die Länge des Periheliums B bekannt, so wird man nur diese Länge des Periheliums zu jenem Winkel BSP addiren, um sofort auch die heliocentrische Länge des Planeten zu erhalten. Dadurch aber, durch die Länge des Planeten und durch seinen Radius Vector, ist der Ort desselben in der Ellipse vollkommen bestimmt.

Allein dieses Verfahren kann nicht zugelassen werden, weil die Bewegung der Planeten keineswegs so, wie hier vorausgesetzt

wurde, vor sich geht, daß nämlich die Bogen der Ellipse in gleichen Zeiten gleich viel wachsen. Diese Voraussetzung steht sogar mit dem bereits oben gefundenen ersten Gesetze Kepler's in directem Widerspruch. Denn sey z. B. Pt (Fig. 22) der Bogen, welchen der Planet in der Ellipse, oder auch in jeder andern krummen Linie, während einer sehr kurzen Zeit, z. B. während einer Secunde, beschreibt. Da diese Punkte P und t sehr nahe bei einander liegen, so wird man diesen kleinen Bogen Tt immer als den Bogen eines Kreises ansehen können, dessen Mittelpunkt in S ist. Der Fehler, den man dabei begeht, wird desto kleiner seyn, je näher jene Punkte an einander liegen, und wir können sie so nahe als nur immer möglich annehmen, da es für unsern Schluß ganz gleichgültig ist, ob dieser Bogen Pt von dem Planeten in einer Secunde, oder in dem tausendsten Theil einer Secunde, beschrieben wird. Ist aber Pt ein Kreisbogen, dessen Halbmesser St oder SP = r ist, und nennt man v den Winkel PSt, zu welchem jener Bogen gehört, so ist bekanntlich jener Bogen selbst gleich dem Producte der beiden Größen r und v, und dieses Product kann, in der Bewegung der Planeten, keine constante Größe seyn, weil, nach dem ersten Gesetze Keplers, erst das Product des Quadrats von r in v eine solche constante Größe ist. Dadurch fällt also jene ganze Voraussetzung als unstatthaft von selbst weg.

Wenn aber für jeden sehr kleinen Bogen Pt der Ellipse, oder überhaupt für jede krumme Linie, das Product der Größe r in v gleichsam das sinnliche Bild dieses Bogens Pt ist, sollte man nicht auch ein ähnliches Bild für das andere Product, und eben dadurch vielleicht jene gleichförmig sich ändernde Größe, die wir eigentlich suchen, erhalten können?

§. 139. (Anderer Ausdruck des ersten Gesetzes.) Es ist allgemein bekannt, daß die Oberfläche eines jeden geradlinigen Dreiecks gleich ist dem halben Producte der Basis desselben in seine Höhe oder in die senkrechte Linie, welche man aus dem Scheitel des Dreiecks auf die Basis desselben herabgelassen hat. Nun kann das Dreieck StP immerhin, und ohne allen merklichen Fehler, als ein geradliniges Dreieck angesehen werden. Zwar ist die Basis Pt, unser oben betrachteter Bogen, eigentlich eine

krumme Linie, aber da es, wie bereits gesagt, von unserer Willkühr abhängt, die beiden Endpunkte P und t dieser Basis so nahe, als nur immer möglich, an einander zu rücken, so wird endlich die Krümmung derselben ganz unmerklich werden, und für jede auch noch so genaue Betrachtung gänzlich verschwinden müssen. Für diesen Fall wird aber auch die Höhe des Dreiecks, oder das Loth von seiner Spitze S auf diese Basis Pt, ganz mit den beiden Seiten St oder SP zusammen fallen, und daher, ebenfalls ohne allen merklichen Fehler, gleich r seyn müssen. Da nun die Basis dieses Dreyecks SPt oder der Bogen Pt, nach dem Vorhergehenden, gleich dem Producte von r in v, und da die Höhe desselben Dreiecks gleich r ist, so wird auch die Fläche desselben, wie das jedes andern Dreiecks, gleich dem halben Producte des Quadrats von r in v, oder gleich $\frac{1}{2}$rrv seyn. Dieses letzte Product aber ist, nach dem ersten Kepler'schen Gesetze, in allen planetarischen Bewegungen eine constante Größe, also ist auch die Fläche, welche der Radius Vector der Planeten in jeder sehr kleinen Zeit beschreibt, ebenfalls eine solche constante Größe.

Die Planeten bewegen sich also um die Sonne so, daß in jedem Punkte ihrer Bahnen die Flächen BpS, PtS, AaS.., welche der Radius Vector während einem Augenblicke beschreibt, immer von derselben Größe sind. In dem nächstfolgenden, eben so langen Augenblicke, in der nächstfolgenden Secunde z. B. wird also die neue Fläche wieder eben so groß seyn, wie zuvor, und da dieß von allen folgenden Secunden gilt, so wird es auch von allen folgenden, nur gleichgroßen Zeiträumen von 60 Secunden, d. h. von allen Minuten, und eben so von allen Stunden, Tagen u. s. w. gelten, und man wird daher jenen Satz kurz so ausdrücken können: Die Flächen des Radius Vectors verhalten sich wie die Zeiten, in welchen sie beschrieben werden. Dieser Satz ist, wie man sieht, eine unmittelbare Folge des ersten Kepler'schen Gesetzes, oder er ist vielmehr dieses Gesetz selbst, nur anders ausgedrückt. Auch hat es Kepler unter dieser zweiten Gestalt bekannt gemacht, unter welcher es auch in die Wissenschaft übergegangen ist.

Dadurch ist also jene gleichförmige Bewegung in den Pla-

netenbahnen gefunden, an welche wir nun die ungleichförmige Bewegung der Planeten selbst anknüpfen können.

Man erhält nämlich die Oberfläche der ganzen Ellipse, wenn man den vierten Theil des Products ihrer großen und kleinen Axe in die bekannte Ludolph'sche Zahl $3,_{14159}$ multiplicirt, welche die Peripherie eines Kreises ausdrückt, dessen Durchmesser gleich der Einheit ist. Da nun diese Fläche von dem Radius Vector gleichförmig beschrieben wird, so wird man nur die Fläche der ganzen Ellipse durch die bekannte Umlaufszeit des Planeten dividiren, um sofort denjenigen Theil dieser Fläche zu erhalten, welchen der Radius Vector des Planeten in jedem einzelnen Tage zurücklegt. Ist also die Zeit des Durchgangs des Planeten durch sein Perihelium B gegeben, und sein Ort P für irgend eine andere Zeit, die z. B. hundert Tage nach jenem Durchgang fällt, zu suchen, so wird man die bereits bekannte, tägliche Fläche desselben hundertmal nehmen, wodurch demnach die Fläche des elliptischen Sectors BSP gegeben ist. Ist aber diese Fläche BPS bekannt, so reduzirt sich dann die Aufgabe, den Ort des Planeten für jede Zeit zu finden, auf das einfache, geometrische Problem, für jede gegebene Fläche BPS eines elliptischen Sectors, sowohl den Winkel BSP als auch den Radius Vector SP zu finden, welcher zu diesem Sector gehört.

§. 140. (Anwendung dieses Gesetzes auf die Bewegung der Planeten; mittlere und wahre Planeten.) Es kann nicht unsere Absicht seyn, hier die umständliche Auflösung dieses geometrischen Problems zu geben. Das Folgende wird genügen, um wenigstens den Weg kennen zu lernen, welchen man dabey einschlagen muß.

Man denke sich einen um S (Fig. 23) als Mittelpunkt beschriebenen Kreis, dessen Halbmesser SA′ = SB′ gleich der halben großen Axe CB = CA der Ellipse ist. In diesem Kreise bewege sich ein Punkt M gleichförmig und so, daß er mit dem wahren Planeten, der in der Peripherie der Ellipse einher geht, immer zu gleicher Zeit durch die große Axe AB derselben, zu beiden Seiten des Punktes S, geht. Wenn also der Planet im Perihelium B ist, so ist jener Punkt in B′, und die Fläche des elliptischen Sectors, so wie der Bogen dieses Kreises, die beide von

der Linie SBB′ gezählt werden, sind hier beide gleich Null. Wenn aber nach einer halben Revolution der Planet in der Ellipse nach A, und jener Punkt in der Peripherie seines Kreises nach A′ kömmt, so ist die von dem Radius Vector in der Zwischenzeit beschriebene Fläche des elliptischen Sectors genau die Hälfte von der Fläche der ganzen Ellipse, so wie auch der von jenem Punkte beschriebene Bogen B′MA′ genau die Hälfte der ganzen Peripherie seines Kreises ist. Und dasselbe Verhältniß zwischen dieser Fläche des Sectors und dem Bogen des Kreises wird auch für jede andere Zeit statt haben, weil beide, nach der vorhergehenden Voraussetzung, gleichförmig wachsen, und weil beide von der Linie SBB′ an gezählt werden. Ist also seit jener Epoche, wo der Planet durch sein Perihelium B ging, z. B. der zwanzigste Theil der Umlaufszeit verflossen, und ist PBS ebenfalls der zwanzigste Theil der Fläche der ganzen Ellipse, so wie B′M der zwanzigste Theil des Umfangs des Kreises, oder endlich, was dasselbe ist, der Winkel B′SM der zwanzigste Theil von 360 Graden, so wird der Planet in P und jener Punkt zu derselben Zeit in M seyn. Man sieht demnach, daß man statt jenes elliptischen Sectors den Winkel B′SM dieses Punktes substituiren kann, und daß unser Problem sich eigentlich darauf reduzirt, aus dem gegebenen Winkel B′SM jenes Punktes den Winkel BSP und den Radius Vector SP des Planeten zu finden.

Was nun den heliocentrischen Ort dieses Punktes M betrifft, so wird er ganz so, wie der nach den ältern Systemen in einem Kreise sich bewegende Planet für jede gegebene Zeit ohne Mühe gefunden werden können. Man wird nämlich, wenn man die Zeit kennt, wo der Punkt in B′ durch die Linie SB′ ging, und wenn überdieß die Umlaufszeit dieses Punktes in seinem Kreise, die mit der Umlaufszeit des Planeten in seiner Ellipse identisch ist, bekannt ist, den Ort des Punktes M in der Peripherie seines Kreises durch eine einfache Addition bestimmen, ganz so, wie wir oben (§. 115) in der einfachen Kreishypothese für die dort ebenfalls gleichförmig bewegten Planeten verfahren sind. Man nennt daher auch diesen Punkt den mittleren Planeten, während der eigentliche Planet, im Gegensatze mit jenem, der wahre genannt wird. In der That ist auch, weil die Umlaufs-

zeiten beider um den Punkt S, oder um die Sonne, einander gleich sind, die durch seine ganze Bahn gleichförmige Geschwindigkeit dieses mittleren Planeten gleich dem Mittel aus allen verschiedenen Geschwindigkeiten des wahren Planeten.

Es ist also, wie man sieht, sehr leicht, den Winkel B'SM des mittleren Planeten für jede gegebene Zeit zu finden, und es handelt sich nur noch darum, wie man, wenn m gegeben ist, auch den Winkel BSP und den Radius Vector SP = r des wahren Planeten für dieselbe Zeit finden soll. Man nennt aber den Winkel B'SM oder m die mittlere Anomalie und den Winkel BSP oder v die wahre Anomalie des Planeten.

§. 141. (Gleichung der Bahn und elliptischer Radius Vector.) Ohne uns hier in eine strenge Auflösung dieses Problems einzulassen, wird es hinreichen, zu zeigen, wie man diese Auflösung bei allen jenen Ellipsen leicht und mit hier hinlänglicher Genauigkeit finden kann, deren Excentricität CS gegen ihre halbe große Axe CB sehr klein ist, ein Fall, der in der That bei allen Planeten, besonders bei den sieben älteren, statt hat. Bezeichnet man also dieses Verhältniß $\frac{CS}{CB}$ in jeder Ellipse durch e, so ist die wahre Anomalie v immer gleich der mittleren m mehr dem doppelten Producte der Größe e in den Sinus von m, und der Radius Vector r ist immer gleich der halben großen Axe, weniger dem Producte dieser Halbaxe in die Größe e und in den Cosinus von m, wobei diese Winkel m und v ohne Unterbrechung von 0° bis 360° gezählt werden. Demnach besteht also die Bewegung jedes Planeten aus zwei Theilen. Der erste ist gleichförmig, gehört gleichsam dem Kreise an und ist auch ganz derselbe, den wir schon in dem vorhergehenden Kapitel betrachtet haben. Der andere aber ist ungleichförmig, gehört der Ellipse an, und ist gleich 2e Sin m. Man nennt diesen zweiten Theil die Gleichung der Bahn, und sie wird mit ihren Zeichen zur mittleren Länge des Planeten gesetzt, um die wahre oder elliptische Länge desselben in der Bahn zu erhalten. Eben so ist die wahre oder elliptische Distanz des Planeten von der Sonne, oder sein Radius Vector, aus zwei ähnlichen Theilen zusammengesetzt, davon der

erste gleich der halben großen Axe a, und der andere gleich dem Producte dieser Halbaxe in die Größe a e Cos m ist.

§. 142. (Elemente der Planetenbahnen.) Um diese Rechnungen auszuführen, muß man also, nebst den bereits oben (§. 121) angeführten vier Elementen, noch zwei andere kennen, nämlich die Excentricität CS, oder, da die halbe große Axe CA schon bekannt ist (§. 100), das Verhältniß e dieser Excentricität zur großen Halbaxe, und die Lage dieser Axe, oder, was dasselbe ist, die Länge des Periheliums B. Ist nämlich ASV (Fig. 23) die Knotenlinie der Bahn mit der Ecliptik (§. 117), also A der aufsteigende Knoten, von welchem sich der Planet über die Ecliptik, gegen Norden, erhebt, und nimmt man von diesem Punkt A, in der Ebene der Bahn, wie in §. 118, den Winkel AVS eben so groß, als derselbe Punkt A von dem Frühlingsnachtgleichenpunkte, in der Ebene der Ecliptik absteht, so ist VSB die Länge des Periheliums. Die folgende Tafel enthält diese beiden Elemente zugleich mit den vier ersten (aus §. 100, 116 und 117), die hier zur bequemen Uebersicht zusammengestellt, und sämmtlich auf den mittleren Pariser Mittag des 1sten Januars 1810 gebracht sind.

	Halbe große Axe.	Verhältniß der Excentricität e.	Epoche 1810.	Tägliche tropische Bewegung.	Länge des Periheliums 1810.	Säcul. Aenderung tropisch.	Länge des aufst. Knotens 1810.	Säc. Aend. des Knotens tropisch.	Neigung.
Mercur	0,38710	0,2056	293° 32′,32	4°,09238	74° 30′,23	1°,55	46° 4′,02	1°,18	7° 0′,00
Venus	0,72333	0,0068	236° 16′,25	1°,60217	128° 44′,30	1°,32	74° 57′,30	0°,88	3° 23′,47
Erde	1,00000	0,0168	99° 29′,03	0°,98568	99° 39′,37	1°,72	— —	—	— —
Mars	1,52369	0,0932	346° 28′,58	0°,52407	332° 33′,82	1°,83	48° 3′,80	0°′,75	1° 51′,08
Vesta	2,36 32	0,1838	105° 44′,90	0°,27120	250° 19′,0	1°,39	103° 10′,20	1°′39	7° 7′,78
Juno	2,6704	0,2544	95° 21′,20	0°,22591	53° 16′,0	1°,39	171° 9′,83	1°,39	13° 4′,45
Ceres	2,7672	0,0785	61° 12′,53	0°,21414	146° 44′,0	1°,39	80° 56′,92	1°,39	10° 37′,50
Pallas	2,7683	0,2440	49° 9′,38	0°,21400	121° 22′,0	1°,39	172° 33′,90	1°,39	34° 37′,47
Jupiter	5,20116	0,0482	25° 24′,03	0°,08313	11° 17′,80	1°,58	98° 30′,07	0°,96	1° 18′,85
Saturn	9,53781	0,0562	244° 37′,53	0°,03350	89° 15′,18	1°,93	112° 0′,92	0°,77	2° 29′,63
Uranus	19,18318	0,0467	216° 27′,98	0°,01177	167° 29′,62	1°,46	73° 53′,58	0°,39	0° 46′,43

Diese Tafel gibt zugleich die Aenderung der Länge des Knotens und des Periheliums für 100 Jahre, von der Epoche 1810 gerechnet. Zwar ist auch die Neigung und die Größe e ähnlichen Veränderungen unterworfen, sie sind aber so klein, daß sie hier ganz übergangen werden können.

§. 143. (Berechnung des elliptischen Orts der Planeten.) Diese Tafel ist hinreichend, den heliocentrischen Ort der Planeten für jede gegebene Zeit zu finden. Suchen wir z. B. wieder, wie in §. 119, den heliocentrischen Ort Saturns für den 12. November 1835. Die Tafel gibt die Epoche für den Anfang des Jahres 1810 gleich $244^\circ,_{6255}$. Das Intervall zwischen diesen beiden Zeiten beträgt 25 Jahre, zu 365 Tagen, und 316 Tage, wozu noch die 6 Schalttage gezählt werden müssen, also 25 gemeine Jahre und 322 Tage.

Nach derselben Tafel ist die tägliche tropische Bewegung Saturns $0^\circ,_{03350}$, die daher in einem gemeinen Jahre $12^\circ,_{2572}$, und in 25 solchen Jahren $305^\circ,_{6875}$, und endlich in 322 Tagen $10^\circ,_{7870}$ beträgt. Wir haben daher

1810 . . .	$244^\circ,_{6255}$
25 Jahre . .	$305^\circ,_{6875}$
322 Tage .	$10^\circ,_{7870}$
	$561^\circ,_{10000}$ oder $201^\circ,_{10000}$

oder die Länge Saturns in der Bahn ist für die gesuchte Zeit gleich $201^\circ\ 6',_0$, wie §. 119. Eben so ist die Länge k des aufsteigenden Knotens für 1810 gleich $112^\circ\ 0',_{92}$, und die Veränderung in 25 Jahren $11',_4$, also für die gesuchte Zeit $k = 112^\circ\ 12'$, und die Neigung $n = 2^\circ\ 29',_6$ wie dort. Endlich ist die halbe große Axe der Bahn $9,_{53781}$, und mit diesen Daten haben wir oben (§. 119) in der Kreishypothese das Argument der Breite und die heliocentrische Länge l des Planeten in der Ecliptik, und seine heliocentrische Breite b gesucht. In unserer gegenwärtigen elliptischen Hypothese werden wir nun zuerst die Länge des Periheliums von der Länge des Planeten in der Bahn subtrahiren, wodurch wir die mittlere Anomalie m erhalten. Es ist aber die Länge des Perihels für 1810 gleich $89^\circ\ 15',_{18}$, und die Aenderung desselben für 25 Jahre $28',_{92}$, also die Länge des Perihels für die gesuchte Zeit $89^\circ\ 44',_{10}$, und daher die mittlere Anomalie $m = 111^\circ\ 21',_9$. Sucht man damit, und mit der Größe $e = 0,_{0562}$, die wahre Anomalie v und den Radius Vector r Saturns, so findet man $2e \operatorname{Sin} m$, auf Bogen gebracht, gleich $5^\circ\ 49'$, und $ae \operatorname{Cos} m = 0,_{1915}$, so daß daher die wahre Anomalie des Pla-

neten $v = m + 5^\circ\ 49' = 117^\circ\ 11'$, und der Radius Vector $r = 9{,}_{7330}$ ist. Addirt man dann zu der wahren Anomalie die Länge des Perihels, und subtrahirt von dieser Summe die Länge des Knotens, so erhält man das Argument der Breite $u = 94^\circ\ 43'$, wie §. 119, daher man dann aus diesen Größen, so wie dort, die heliocentrische und geocentrische Länge und Breite erhalten wird, weil wir dort schon auf die erst hier gefundene Verbesserung von $5^\circ\ 49'$ Rücksicht genommen haben. Die Aenderung, welche durch die elliptischen Hypothesen in jenen Rechnungen eingeführt wird, bezieht sich also bloß auf die Correction, welche das Argument u der Breite und der Radius Vector r erhält, während alles übrige ungeändert bleibt.

Das Vorhergehende wird genügen, das Verfahren, welches die Astronomen bei ihren Berechnungen der Planeten beobachten, wenigstens im Allgemeinen kennen zu lernen. Uebrigens ist in dieser elliptischen Hypothese die Uebereinstimmung der Berechnungen mit den Beobachtungen so groß, daß sie mit den Resultaten der älteren Astronomen in keine weitere Vergleichung gebracht werden kann, und daß eben diese Uebereinstimmung von beinahe zahllosen Beobachtungen mit der neuen Theorie der beste Beweis für die Wahrheit der letzteren ist.

§. 144. (Einrichtung der Planetentafeln.) Um die vielen Additionen zur Erhaltung der mittleren Länge der Planeten in der Bahn zu vermeiden, hat man die mittleren Bewegungen derselben in Tafeln gebracht. Es wird nicht unangemessen seyn, von der Einrichtung und dem Gebrauche dieser Tafeln hier kurz Nachricht zu geben. Sie enthalten zuerst die Epochen der mittleren Länge der einzelnen Jahre für den Mittag Wiens, und zwar für den 1. Januar desselben, wenn es ein Schaltjahr, und für den 31. December des vorhergehenden Jahres, wenn das gegenwärtige ein gemeines Jahr ist. Hätten nämlich beide Gattungen von Jahren einerlei Epoche, so würde man, da der Schalttag am Ende des Februars angebracht wird, in Schaltjahren alle zehn folgenden Monate des Jahres einen Tag mehr nehmen, da man im Gegentheile jetzt, wo die Epoche des Schaltjahrs schon einen Tag mehr hat, bloß in den beiden ersten Monaten einen Tag weniger zu nehmen braucht, um dieselbe Tafel für

beide Jahresarten zu benützen. Ueberdieß geben dieselben Tafeln auch die Epochen der mittleren Längen für den 0ten Tag eines jeden Monats, d. h. für den letzten Tag des vorhergehenden Monats, und endlich die Bewegung der Planeten für die einzelnen Tage. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, die mittlere Länge des Planeten in der Bahn für jede gegebene Zeit eben so sicher als bequem zu erhalten. Um aber auch die oben (§. 143) erwähnten beiden veränderlichen Theile der Bewegung und des Radius Vectors des Planeten zu bestimmen, fügt man diesen Tafeln noch zwei andere bei, von welchen die erste die Gleichung der Bahn, und die zweite die eben dort erwähnte elliptische Correction des Radius Vectors gibt. Setzt man diese beiden Größen, die erste zur mittleren Länge, und die zweite zur halben großen Axe, so erhält man die wahre Länge des Planeten in seiner Bahn, und seine wahre oder elliptische Distanz von der Sonne, aus welcher man dann wieder, wie in §. 119, das Argument der Breite, die heliocentrische Länge in der Ecliptik, die heliocentrische Breite, und daraus, nach §. 120, auch den geocentrischen Ort des Planeten für jede gegebene Zeit ableiten wird.

Hier folgen solche abgekürzte Tafeln der Sonne und der Venus für den Mittag von Wien.

Jahre.			Monate.			Tage.		
	⊙	♀		⊙	♀		⊙	♀
1834	279°,628	240°,815	0 Februar	30°,555	49°,667	1	0°,986	1°,602
35	279°,389	105°,607	März	58°,153	94°,528	2	1°,971	3°,204
36 *	280°,136	332°,000	April	88°,708	144°,195	3	2° 966	4°,807
37	279°,897	196°,792	Mai	118°,278	192°,260	4	3°,943	6°,409
38	179°,658	61°,584	Juni	148°,833	241°,927	5	4° 928	8°,011
						6	5°,914	9°,613
39	279₀,419	286°,375	Juli	178°,402	289°,992	7	6°,900	11°,215
40 *	280°,466	152°,769	August	208°,957	339°,660	8	7°,885	12°,817
41	279°,927	17°,560	Septbr.	239°,512	29°,317	9	8°,871	14°,420
42	279°,688	242°,352	October	269°,082	77₀,392	10	9°,857	16°,022
43	279°,450	107°,144	Novbr.	299°,637	127°,059	20	19°,713	32°,043
1844 *	280°,197	333°,537	Decbr.	326°,206	175°,124	30	29°,570	48°,065

Argum.	Gleichung der Bahn.		Correction der mittl. Distanz.		Argum.
	⊙	♀	⊙	♀	
0°	0°,000	0°,000	0°,0167	0°,0050	360
10°	0°,327	0°,135	0°,0165	0°,0049	350
20°	0°,645	0°,267	0°,0160	0°,0047	340
30°	0°,945	0°,390	0°,0146	0°,0043	330
40°	1°,217	0°,502	0°,0130	0°,0034	320
50°	1°,454	0°,599	0°,0111	0°,0032	310
60°	1°,649	0°,678	0°,0086	0°,0025	300
70°	1°,795	0°,737	0°,0060	0°,0018	290
80°	1°,888	0°,773	0°,0032	0°,0009	280
90°	1°,924	0°,786	0°,0003	0°,0001	270
100°	1°,902	0°,775	0°,0026	0°,0008	260
110°	1°,821	0°,741	0°,0055	0°,0016	250
120°	1°,684	0°,684	0°,0082	0°,0024	240
130°	1°,494	0°,606	0°,0107	0°,0031	230
140°	1°,257	0°,509	0°,0127	0°,0038	220
150°	0°,980	0°,396	0°,0145	0°,0046	210
160°	0°,672	0°,271	0°,0158	0°,0048	200
170°	0°,341	0°,138	0°,0165	0°,0049	190
180°	0°,000	0°,000	0°,0168	0°,0049	180

§. 145. (Erläuterung und Gebrauch dieser Tafeln.) In diesen Tafeln sind die Schaltjahre durch * bezeichnet. Sucht man in einem Schaltjahre den Ort der Sonne oder der Venus für irgend einen Tag der beiden ersten Monate des Jahres, so nimmt man immer einen Tag weniger, oder man geht z. B. in die Tafel mit dem 7ten Februar ein, wenn man eigentlich die Länge der Sonne für den 8. Februar sucht.

Hat man so die mittlere Länge gefunden, so subtrahirt man

von ihr bei der Sonne $100^{0}{,}_{064}$, und bei der Venus $309^{0}{,}_{178}$, wodurch man die sogenannten mittleren Anomalien dieser beiden Himmelskörper erhält, wo man sodann mit den so erhaltenen Zahlen als Argument in die zwei letzten Täfelchen eingeht, welche die Gleichung der Bahn und die Correction des Radius Vectors geben. Die Gleichung der Bahn ist positiv, wenn das Argument größer als 180^{0} ist, oder sie ist positiv im 3ten und 4ten Quadranten, und negativ im 1sten und 2ten. Die Correction des Radius Vectors aber ist positiv im 1sten und 4ten, und negativ im 2ten und 3ten Quadranten, und diese letzte Correction wird mit ihrem Zeichen bei der Sonne zu 1, und bei der Venus zu $0{,}_{7233}$ gesetzt. Vermehrt man endlich die so gefundene, wahre Länge der Sonne um 180^{0}, so erhält man die wahre Länge der Erde.

Ein Beispiel wird den Gebrauch dieser Tafeln deutlich machen. Man suche den Ort der Sonne und der Venus für den 25. Mai 1835 im Mittag Wiens.

Für die Sonne hat man

1835 . .	$279^{0}{,}_{389}$		$62{,}_{308}$
0 Mai .	$118^{0}{,}_{278}$		$100{,}_{064}$
20 Tage .	$19^{0}{,}_{715}$		
5 Tage .	$4^{0}{,}_{928}$	Arg. =	$322{,}_{244}$
			1
mittl. Länge ☉ =	$62^{0}{,}_{508}$	Corr. des Rad. Vect. +	$0{,}_{0133}$
Gleichung d. Bahn +	$1^{0}{,}_{159}$	ellipt. Rad. Vector	$1{,}_{0133}$
wahre Länge ☉	$63^{0}{,}_{467}$		
	180		
wahre Länge ♁	$243^{0}{,}_{467}$		

Für die Venus hat man eben so

1835 . .	$105{,}_{607}$		$337{,}_{921}$
0 Mai .	$192{,}_{260}$		$309{,}_{178}$
20 Tage .	$32{,}_{043}$		
5 Tage .	$8{,}_{011}$	Arg. =	$28{,}_{74}$
			$0{,}_{7233}$
mittl. Länge ♀	$337{,}_{921}$	Corr. des Rad. Vect. +	$0{,}_{0044}$
Gleichg. d. Bahn —	$0{,}_{575}$	ellipt. Radius Vector	$0{,}_{7277}$
wahre hel. Länge ♁	$337{,}_{346}$ in der Bahn.		

Sucht man daraus die wahre Länge der Venus in der Ecliptik, so findet man, da die Länge des aufsteigenden Knotens 75° 10′,5, und die Neigung der Bahn 3° 23′,5 ist, nach den in §. 119 angeführten Ausdrücken

hel. Länge ♀ in der Ecliptik . 337° 19′,7
und hel. Breite . . . . . . 3° 21′,6 südl.

Will man endlich aus diesen heliocentrischen Orten der Erde und der Venus den geocentrischen Ort der Venus finden, so hat man, nach den Ausdrücken des §. 120, $r' = 0{,}72646$ und $C = l - L = 93° \ 51',7$, woraus man sofort erhält $\lambda - L = 145° \ 41',5$, und daher ist die gesuchte

geoc. Länge der Venus $\lambda = 29° \ 9',5$
und die geoc. Breite 1° 54′,9 südl.

§. 146. (Drittes Gesetz Kepler's.) Die zwei erwähnten Entdeckungen Kepler's lehrten uns, daß alle Planeten, also auch die Erde, sich in Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpunkte die Sonne ist, und sie zeigten uns zugleich das Gesetz, nach welchem sich jeder dieser Himmelkörper in seiner elliptischen Bahn bewegt, indem nämlich die Flächenräume, welche sein Radius Vector durchläuft, der Zeit proportional sind, oder mit der Zeit gleichförmig wachsen, und dieses Gesetz gab uns endlich auch die Mittel an die Hand, den Ort der Planeten in seiner Bahn für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen.

Diese beiden Gesetze betreffen, wie man sieht, jeden Planeten für sich, indem sie in jedem Punkte seiner Bahn die Krümmung des Bogens und die Geschwindigkeit des Planeten, der in diesem Bogen einhergeht, bestimmen, und sie würden beide selbst dann noch gelten, wenn sich auch nur ein einziger Planet um die Sonne bewegte. Aber nachdem Kepler einmal die Regeln gefunden hatte, denen die Bewegung eines jeden Planeten, einzeln betrachtet, unterworfen ist, war ihm auch noch die Existenz eines andern Gesetzes sehr wahrscheinlich, welches für alle Planeten zugleich gehörte, und von welchem die Stellung und Entfernung derselben abhängt, die wir nun in der That an ihnen bemerken. Er sah bald, daß sie im allgemeinen desto langsamer um die Sonne gehen, je weiter sie von ihr entfernt sind. So ist z. B. Mars nahe doppelt so weit als Venus von der Sonne

entfernt, und wenn beide dieselbe mittlere Geschwindigkeit hätten, so würde auch die Umlaufszeit des Mars nahe das Doppelte von jener der Venus seyn. Aber sie ist nahe dreimal größer, woraus dann folgt, daß Mars sich in der That auch langsamer bewege, als die der Sonne viel nähere Venus. Durch seine frühern glücklichen Entdeckungen aufgemuntert, suchte er nun auch, von einer Art von Vorgefühl getrieben, das Verhältniß, welches zwischen den Umlaufszeiten und den großen Axen ihrer Bahnen statt haben soll. Und er suchte volle siebenzehn Jahre, ohne zu ermüden und ohne die Idee aufzugeben, welche er von der Existenz eines solchen Verhältnisses einmal gefaßt hatte.

Schon in einem seiner frühern Werke, in dem Mysterium cosmographicum, das im Jahr 1596 zu Grätz erschien, suchte er die sogenannten harmonischen Verhältnisse, mit welchen bereits die alten Pythagoräer so viel gespielt hatten, auf diese Distanzen der Planeten von der Sonne anzuwenden. Später wollte er ihnen in seinem Werke „Harmonice mundi. Linz 1619" die verschiedenen Längen der Seiten anpassen, welche in der Tonlehre eine Terze, Quarte, Octave u. s. w. geben, fand aber auch diese Idee eben so wenig als die vorhergehende, mit der Natur übereinstimmend. In dem letzten Werke suchte er auch die sogenannten platonischen Körper, den Kubus, das Tetraeder u. f. mit den Zwischenräumen der Planetenbahnen zu vergleichen. Aber auch diese wollten nicht passen, obschon er sich lange genug mit ihnen geplagt hatte. Später verglich er, immer wieder auf seine frühere Muthmaßung zurück kommend, die verschiedenen Potenzen der Zahlen, welche die Umlaufszeiten und die großen Axen bei den Planeten ausdrücken, aber auch hier konnte er nichts Genügendes finden, so daß er endlich nahe daran war, alle seine weitern Speculationen über diesen ihn schon so lange hinhaltenden Gegenstand gänzlich aufzugeben. Einige Tage nur nach dem letzterwähnten Versuch kam es ihm vor, als hätte er bei diesen Rechnungen, seiner Gewohnheit nach, sich von seiner Ungeduld verführen lassen, zu schnell gerechnet, und sich auch wohl ganz verrechnet. Sogleich nahm er die Sache noch einmal vor, rechnete jetzt bedächtiger, und fand bald, daß sein Verdacht gegen jene ersten Arbeiten nur zu gegründet war. Gleich die ersten Versuche zeigten ihm, daß er

das so lange und so mühsam gesuchte Verhältniß endlich einmal gefunden habe. Es war, wie er selbst in seinem Harmonice mundi. S. 189 erzählt, am 15ten Mai d. J. 1618, daß er die Freude hatte, seine siebzehnjährigen Bemühungen durch diese schöne Entdeckung belohnt zu sehen. Er fand, daß sich die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel der großen Axen ihrer Bahnen verhielten, und dieß ist das dritte und letzte der Naturgesetze, die unter dem Nahmen der Keplerschen Gesetze bekannt sind. Wir werden die Wichtigkeit desselben weiter unten kennen lernen. Hier mag es uns genügen, zu bemerken, daß es uns das sicherste Mittel darbiethet, diese großen Axen selbst, die so schwer zu beobachten sind, aus den so leicht zu bestimmenden Umlaufszeiten (§. 100) abzuleiten. Alle Beobachtungen der zwei letzten Jahrhunderte, die seit der Entdeckung jener drei Gesetze verflossen sind, haben die Genauigkeit derselben in einem Grade bestätigt, daß fortan Niemand mehr an der Wahrheit derselben zweifeln kann. Sie sind es, die allen Bewegungen der Planeten, auch den entferntesten Kometen um die Sonne, so wie den Bewegungen der Satelliten um ihre Hauptplaneten zu Grunde liegen. Jahrtausende sind vorüber gezogen und diese Gesetze blieben dem ganzen Menschengeschlechte unlesbar, obschon sie mit Feuerzügen auf dem gestirnten Himmel geschrieben waren, bis es endlich den Scharfsinne und der unermüdlichen Geduld eines seltenen Mannes gelang, jene Charaktere zu entziffern und dadurch seinen eigenen Nahmen mit eben so unvergänglichen Zügen an demselben Himmel ein Denkmahl zu setzen, das dauern wird, wenn andere Monumente von Erz und Stein längst zu Staub geworden, und wenn die Gesetzbücher Justinians und Napoleons längst schon vergessen seyn werden.

§. 147. (Zusammenhang und Wichtigkeit dieser drei Gesetze.) Die Leser werden ohne meine Erinnerung erwarten, daß in diesem eben so einfachen als erhabenen Codex des Himmels die in ihm enthaltenen Gesetze nicht der Willkühr überlassen oder, wie es wohl in so manchem anderen menschlichen Codex der Fall seyn mag, bloß durch einzelne Fälle entstanden, und daher ohne weiteren Zusammenhang unter sich stehen werden. Wir werden in

der That später sehen, daß sie alle drei nur der Ausfluß eines einzigen, höchsten Gesetzes sind. Hier aber wird es hinreichen zu zeigen, daß das erste dieser Gesetze nicht nur durch dieses dritte bestätiget werde, sondern daß es zugleich durch dasselbe eine nähere Bestimmung erhalte. Nach dem ersten Gesetze bewegen sich nämlich die Planeten so, daß die Flächen ihrer elliptischen Sectoren der Zeit proportional sind, oder daß diese Fläche, dividirt durch die auf sie verwendete Zeit, für jeden Planeten eine beständige Größe ist. Allein diese beständige Größe ist für jeden Planeten eine andere, und man sieht noch nicht, auf welche Weise diese constanten Größen selbst unter einander zusammenhängen. Betrachtet man aber das erste und dritte Gesetz zugleich, so wird dieser Zusammenhang sogleich klar.

Wenn man durch einen der beiden Brennpunkte S oder S' (Fig. 22) auf der großen Axe AB der Ellipse eine senkrechte Linie errichtet, so heißt diese Linie, so weit sie zu beiden Seiten von der Peripherie der Ellipse begränzt ist, der Parameter der Ellipse, und man findet leicht, daß der halbe Parameter gleich ist dem Quadrate der halben kleinen, dividirt durch die halbe große Axe der Ellipse. Sind nun 2a, 2a' die großen, 2b, 2b' die kleine Axen, 2p, 2p' die Parameter und f, f' die Oberflächen von zwei Ellipsen, zu welchen die Umlaufszeiten t und t' gehören, so hat man, nach dem ersten Gesetze, in der einen Ellipse $f = Ct$ und in der anderen $f' = C't'$, wo C und C' die zwei erwähnten constanten Größen bezeichnen, die für eine und dieselbe Planetenbahn immer dieselbe bleibt, von einer Bahn zur andern aber verschieden ist, und deren absolute Größe für jede einzelne Bahn hier eben bestimmt werden soll.

§. 148. (Nähere Bestimmung des ersten Gesetzes.) Nach dem dritten Gesetze aber hat man für beide Planeten zugleich $a^3 t'^2 = a'^3 t^2$. Endlich ist, wie bereits oben (§. 139) gesagt wurde, die Oberfläche der ersten Ellipse gleich dem Producte der Zahl $3{,}14159$ in das Product beider Halbaxen, oder es ist $f = 3{,}14159\ ab$, und eben so hat man auch für die zweite Ellipse $f' = 3{,}14159\ a'b'$, so daß daher das erste Gesetz auch so ausgedrückt werden kann $3{,}14159\ ab = Ct$ und $3{,}14159\ a'b' = C't'$. Vergleicht man aber diese beiden Ausdrücke mit dem oben für das dritte Gesetz gegebenen

Ausdruck, so findet man sofort, daß die beiden Constanten C und C' sich genau, wie die Quadratwurzeln aus den beiden halben Parametern p und p' der Bahnen verhalten, und daß daher das erste Kepler'sche Gesetz genauer so ausgedrückt werden muß: Die Fläche, welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, verhält sich zu der Zeit, in welcher sie beschrieben wird, wie das Product von zwei beständigen Größen. Von diesen zwei Größen ist die eine gleich der Quadratwurzel aus dem Semiparameter, und gehört daher jeder einzelnen Planetenbahn ausschließend an; die andere aber ist eine allen Planetenbahnen gemeinschaftliche beständige Größe, die sich leicht bestimmen läßt, wenn man nur die Fläche einer einzigen dieser Planetenbahnen mit ihrem Parameter und der Umlaufszeit des Planeten in dieser Bahn kennt. Drückt man die Umlaufszeiten, wie wir bisher gethan haben, in Tagen und Theilen des Tages aus, so findet man für diese, allen Planeten und Kometenbahnen gemeinschaftlichen Constanten die Größe $0,_{017202}$, und sie ist es, die unserem ganzen Sonnensysteme eigenthümlich ist, und gleichsam die Charakteristik desselben bildet, da man sie bei allen Planeten und Kometen, die sich um die Sonne bewegen, wieder findet. Anders verhält es sich mit den Bewegungen derjenigen Gestirne, die sich um andere Centralkörper bewegen. So ist es z. B. mit den vier Satelliten Jupiters, die nicht um die Sonne, sondern um diesen ihren Hauptplaneten gehen, und diese bilden daher ein eigenes System, dessen Charakteristik von dem vorhergehenden des eigentlichen Sonnensystems eben so verschieden ist, wie das System, welches unsere Erde mit ihrem Monde bildet.

Obschon also das erste Gesetz viel allgemeiner ist, als das dritte, indem jenes, wie wir später sehen werden, überhaupt allen Bewegungen, die um einen fixen Punkt statt haben, oder allen Centralbewegungen zukömmt, während dieses sich nur auf die hier betrachtete specielle Centralbewegung der Planeten in Ellipsen bezieht, so ist doch, und zwar aus eben dieser Ursache, das dritte Gesetz dasjenige, welches den eigentlichen Charakter des Planetensystems ausdrückt, und durch welches alle Körper dieses Systems gleichsam zu einem besondern Staate unter sich verbunden werden. Die Planeten und Kometen, welche die Bevölkerung dieses Staates ausmachen, sind nicht mehr durch bloße Analogie, durch

bloße Aehnlichkeit ihres äußern Aussehens, sondern sie sind durch wesentliche Kennzeichen, durch wahre Familienzüge mit einander verbunden, und um sie alle schlingt sich eine Kette der Verwandtschaft und des innigsten Zusammenhanges, die sich von dem Mittelpunkte des großen Reiches bis an seine entferntesten Gränzen erstreckt. Dieses dritte Gesetz lehrt uns zugleich, daß die eigentliche Ursache der Bewegung aller jener Himmelskörper in der Sonne liege, und daß diese Kraft der Sonne, oder wie wir jene Ursache sonst nennen mögen, für alle jene Körper ohne Ausnahme dieselbe seyn müsse. Sie wird zwar durch die Distanzen dieser Körper modificirt, indem sie auf die näheren stärker einwirkt, als auf die entfernteren, aber sie ist unabhängig von der Verschiedenheit der Stoffe, aus welchem diese Körper selbst bestehen mögen. Diese Kraft muß daher sehr verschieden seyn von den magnetischen, electrischen oder chemischen Kräften der Körper, deren Aeußerungen wir auf der Oberfläche der Erde so oft zu beobachten Gelegenheit haben, und von welchen z. B. nur auf das Eisen und einige verwandte Körper, aber gar nicht auf alle anderen gewirkt wird, während jene ohne Unterschied auf alle Körper dieselben Wirkungen äußert. Wenn z. B. unsere Erde durch irgend eine Macht plötzlich in die Region Jupiters geführt und dort dieselbe Richtung und Geschwindigkeit, wie jener Planet, erhalten würde, so würde sie auch fortan in derselben Zeit und in derselben Bahn, wie Jupiter selbst, um die Sonne laufen.

§. 149. (Uebersicht des ganzen Planetensystems.) Beschließen wir diesen Gegenstand durch einen allgemeinen Ueberblick dieses Planetensystems, welchen uns dasselbe etwa gewähren würde, wenn wir es von einem sehr entfernten Standpunkte aus betrachten könnten. — In dem Mittelpunkte einer großen Ebene soll eine Kugel von zwei Fuß im Durchmesser die Sonne vorstellen. Um sie, als Mittelpunkt, beschreiben wir mehrere concentrische Kreise. Der erste und nächste an der Sonne, dessen Halbmesser 82 Fuß, ist die Bahn Merkurs, den wir etwa in der Größe eines Senfkorns darstellen können. In dem zweiten Kreise, des Halbmessers 142 Fuß, bewegt sich Venus von der Größe einer Erbse; im dritten von 215 Fuß Halbmesser die nahe eben so große Erde; im vierten von 327 Fuß der im Durchmesser nur halb so große

Mars. Dann folgen vier, in ihrer Ausdehnung nur wenig verschiedene Kreise von 500 bis 600 Fuß Halbmesser, in welchen die vier neuen Planeten, Vesta, Juno, Ceres und Pallas gehen, die alle nur die Größe des kleinsten Sandkorns haben. Im neunten Kreis, dessen Halbmesser nahe 1430 Fuß beträgt, ist Jupiter in der Größe einer mäßigen Orange; im zehnten, dessen Halbmesser 2284 Fuß, der etwas kleinere Saturn und endlich im eilften Kreise, 3900 Fuß im Halbmesser, Uranus von der Größe einer gewöhnlichen Apricose. Ueber diese Gränze hinaus kennen wir keinen Planeten mehr. Von den Kometen aber erreichen noch viele in ihren Aphelien jene außer der Uranusbahn gelegenen Gegenden. Der große Komet von dem Jahre 1680, dessen äußerst excentrische elliptische Bahn wir noch mit einiger Verläßlichkeit kennen, entfernt sich 44mal weiter von der Sonne, als Uranus oder seine größte Entfernung würde in unserem Modelle 171600 Fuß, also nahe acht deutsche Meilen, betragen. Jenseits seiner Bahn ist für uns völlig unbekanntes Land, und wir haben bereits oben gesehen, daß der nächste Fixstern von unserer Sonne wenigstens 200000 Erdweiten entfernt ist, eine Distanz, die in unserm Modelle gegen 2000 d. Meilen einnehmen würde.

Allein statt dieser zu sinnlichen und vielleicht schon tändelnden Darstellung wollen wir die verschiedenen Verhältnisse der Distanzen und Größen der Planeten in Tafeln zusammenstellen, aus denen man den Bau und die Organisation des ganzen Systems mit mehr Genauigkeit abnehmen und gleichsam mit einem Blicke übersehen kann.

Umlaufszeiten.

	Siderische	Tropische	Synodische
☿	87,9693	87,9684	115,87
♀	224,7008	224,6955	583,92
♁	365,2564	365,242255	. .
♂	686,9796	686,9297	779,88
⚶	1327,6	1327,4	505,0
⚵	1593,8	1593,6	474,0
⚳	1681,4	1681,1	466,6
⚴	1682,5	1682,2	466,5
♃	4332,5963	4330 6105	398,8
♄	10758,9698	10746,7524	378,0
♅	30688,7127	30589,3575	369,7

Entfernungen von der Sonne.

	Halbe große Axe, die der Erdbahn = 1	Entfernung von der Sonne in Millionen deutschen Meilen		Entfernung von der Erde in Millionen deutschen Meilen	
		Größte	Kleinste	Größte	Kleinste
☿	0,38710	9,75	7,41	30	10
♀	0,72333	15,20	15,00	35	5
♁	1,	21,23	20,53	. .	. .
♂	1,52369	34,77	28,85	54	7
⚶	2,3632	53,70	44,93	72	23
⚵	2,6704	69,94	41,57	88	19
⚳	2,7672	62,51	53,23	81	31
⚴	2,7685	71,94	43,65	90	21
♃	5,20116	113,83	103,36	130	79
♄	9,53781	210,32	187,95	223	161
♅	19,18318	419,21	381,83	424	348

Durchmesser.

	Durchmesser in d. Meilen	Durchmesser, den der Erde = 1	Durchmesser, den der Sonne = 1	Scheinbarer Durchmesser von der Erde gesehen	
				Größte	Kleinste
☿	600	0,34	0,003	11″,6	4″,
♀	1678	0,95	0,009	65″,6	9″,6
♁	1719	1,00	0,009	. .	. .
♂	1000	0,56	0,005	27″,5	3″,7
⚶	59	0,03	0,003	0″,5	0″,2
⚵	308	0,18	0,001	3″,3	0″,7
⚳	350	0,20	0,002	2″,3	0″,9
⚴	452	0,26	0,002	4″,2	1″,0
♃	19980	11,00	0,100	49″,2	29″,9
♄	16290	9,76	0,091	21″,5	15″,5
♅	7488	4,23	0,040	4″,3	3″,5
☉	187800	109,25	1,000		

Oberfläche und Volum.

	Oberfläche			Volum		
	In Millionen d. Quadrat-Meilen	Die Oberfläche der Erde = 1	Die Oberfläche der Sonne = 1	In Millionen Kubik-Meilen	Volum der Erde = 1	Volum der Sonne = 1
☿	1,07	0,12	0,00001	104,5	0,04	0,00000003
♀	8,38	0,90	0,00007	2280,0	0,85	0,00000007
♁	9,28	1,00	0,00008	2660,0	1,00	0,0000007
♂	2,91	0,32	0,00003	467,0	0,18	0,0000002
⚶	0,01	0,001	0,000001	0,104	0,00004	. .
⚵	0,29	0,05	0,000003	14,56	0,005	. .
⚳	0,37	0,04	0,000003	212,50	0,008	. .
⚴	0,61	0,07	0,000005	44,60	0,017	. .
♃	1124,24	121,12	0,0106	3500000	1333,1	0,0011
♄	883,57	95,17	0,0072	2500000	928,5	0,0005
♅	106,07	17,92	0,0015	201000	75,8	0,00008

Mittlere Geschwindigkeiten während einer Zeitsecunde.

	Jährliche		Tägliche des Aequators
	In Par. Fuß.	In d. Meilen	In Par. Fuß
☿	152448	6,7	504
♀	111525	4,9	1430
♁	94850	4,7	1422
♂	76840	3,4	798
⚶	61700	2,7	. .
⚵	58040	2,6	. .
⚳	57026	2,5	. .
⚴	57000	2,5	. .
♃	41590	1,7	39070
♄	30710	1,3	33500
♅	21650	1,0	21650

Kapitel X.

Nächste Folgen der elliptischen Bewegung der Planeten.

§. 150. (Bestimmung der Excentricität der Planetenbahnen.) Nach dem ersten Gesetze Kepler's (§. 139) sind die Flächen, welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, der Zeit proportional. Wäre die Bahn desselben ein Kreis und die Sonne im Mittelpunkte dieses Kreises, so würden diese Flächen auch zugleich den Winkeln der Radien an der Sonne proportional oder die Bewegung des Planeten würde gleichförmig seyn. Die Ungleichheiten, die man in der heliocentrischen Bewegung dieser Körper bemerkt, sind daher eine bloße Folge der Excentricität ihrer Bahnen.

Vergleichen wir den Gang des wahren Planeten P (Fig. 23) in der Ellipse mit dem schon in §. 141 betrachteten imaginären oder mittleren Planeten M, der sich in einem Kreise B'M, dessen Mittelpunkt die Sonne ist, gleichförmig und so bewegt, daß er mit dem wahren Planeten immer zugleich durch die große Axe in B' und A' geht, dessen Bewegung daher die mittlere Bewegung des wahren Planeten und dessen Umlaufszeit gleich der des wahren Planeten seyn wird. Während sich also der mittlere Planet M in seinem Kreise gleichförmig bewegt, geht der wahre Planet P in

der Ellipse ungleichförmig und zwar so fort, daß die Fläche BPS des elliptischen Sectors in jedem Tage um dieselbe Größe wächst. Da die Bewegung des wahren Planeten zur Zeit seines Durchgangs durch das Perihelium B am größten ist (§. 129), so wird er anfangs vor dem mittleren Planeten voraus, oder die Gleichung der Bahn, d. h. der Winkel MSP (§. 142) wird positiv seyn, während sie im Perihelium selbst gleich Null gewesen ist. Da diese Gleichung aber im Aphelium A ebenfalls verschwindet, weil dann die beiden Planeten, der eine in A, der andere in A', zu gleicher Zeit durch die große Axe gehen, so muß es zwischen diesen beiden Punkten A und B einen dritten geben, wo die Gleichung der Bahn am größten ist. Der eigentliche Werth dieser größten Gleichung des Mittelpunkts wird bloß von der Excentricität e der Bahn abhängen, und man wird daher auch umgekehrt, wenn man diese größte Gleichung m kennt, daraus die Excentricität e finden können. Die Geometrie zeigt, daß e nahe gleich ist der Größe $0{,}000002424$ m, wenn m in Secunden ausgedrückt wird, und e eine sehr kleine Größe ist. Dieß gibt ein Mittel, die Excentricität der Bahnen aus der größten Gleichung derselben zu finden, da sich die letztere sehr leicht beobachten läßt. Für die Erde hat man z. B. nach den Tafeln des §. 144 die Größe $m = 1^{0}{,}927 = 6937''$ und daher $e = 0{,}0168$ für das Verhältniß der Excentricität zur halben großen Axe der Erdbahn, wie wir auch schon §. 135 gefunden haben.

Auch wird es zwischen diesen beiden Punkten A und B einen andern geben, in welchem die Geschwindigkeit des wahren Planeten jener des mittleren gleich ist, von welchem Punkte aus dann die Bewegung des wahren Planeten immer kleiner wird, bis sie endlich im Aphelium selbst am kleinsten ist. Aehnliche Bemerkungen wird man auch über die zweite Hälfte AVB der Bahn machen, in welcher die Gleichung der Bahn negativ oder in welcher der mittlere Planet vor dem wahren voraus ist, während er in der ersten Hälfte BPA hinter dem wahren Planeten zurück bleibt.

Es wurde übrigens schon oben (§. 142) bemerkt, daß diese Größe e mit der Zeit Aenderungen, obschon in der That sehr kleinen Aenderungen unterworfen ist. Bei der Erdbahn z. B.

ist diese Größe jetzt gleich $0,_{0168}$, und sie nimmt mit jedem Jahrhundert um $0,_{000042}$ ab, aber nur bis zu einer gewissen Gränze, nämlich bis zu $0,_{0039}$, welche Gränze sie aber erst in nahe vier und zwanzig tausend Jahren erreichen, und dann wieder durch viele Jahrtausende zunehmen wird. Wir werden weiter unten den sehr merkwürdigen Einfluß kennen lernen, welche diese Aenderung der Excentricität der Erdbahn auf die Bewegung unseres Mondes hat. Uebrigens ist diese säculäre Abnahme der Excentricität von $0,_{000042}$ in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn sehr gering, da sie in einem Jahre noch nicht neun d. Meilen, also in einem Tage nur 540 Fuß beträgt. Noch viel geringer ist die Aenderung der Excentricität der Merkursbahn, die in 100 Jahren nur $0,_{000004}$ Theile der Halbaxe dieser Planetenbahn, also in einem Tage nur zwanzig Fuß beträgt. Diese Bewegungen gehören daher zu den langsamsten, die wir am Himmel bemerken, und sie bilden einen auffallenden Contrast mit der Geschwindigkeit des Lichtes, von welcher wir bereits oben gesprochen haben.

§. 151. (Bestimmung der Lage der Absidenlinie.) So wie wir die Excentricität der Planetenbahnen aus der Beobachtung der größten Gleichung des Mittelpunktes gefunden haben, welche Gleichung immer nahe in der Mitte zwischen den beiden Absiden statt hat, so werden wir nun auch die Lage der großen Axe selbst aus denjenigen Punkten A und B der Bahn ableiten können, wo man die größte und die kleinste heliocentrische Geschwindigkeit oder auch den größten und kleinsten scheinbaren Durchmesser derselben, wie er von der Sonne gesehen wird, beobachtet. Da aber diese Beobachtungen keine große Schärfe gewähren, so wird es besser seyn, unter den Beobachtungen, die man eine ganze Umlaufszeit durch z. B. an der Erde angestellt hat, diejenigen zwei herauszusuchen, die genau ein halbes Jahr von einander entfernt sind, und für welche die beiden Längen der Erde um 180 Grade verschieden sind. An der Vereinigung dieser beiden Eigenschaften erkennt man nämlich, daß die Erde in ihren Absiden gewesen seyn muß, für jede andere gerade durch die Sonne S gehende Linie ☊☋ wird nämlich die Differenz der beiden Längen der Erde in ☊ und in ☋ ebenfalls 180 Grade betragen, aber die Zeit durch den Bogen ☊P☋ wird beträchtlich kürzer seyn, als die durch

♉V♌, weil in jenen Bogen das Perihelium, in diesem aber das Aphelium der Erde liegt oder weil jene Bogen mit einer größeren Geschwindigkeit, als dieser, von der Erde beschrieben wird.

Vergleicht man zwei solche Beobachtungen der Absiden, die durch mehrere Jahrhunderte von einander getrennt sind, so findet man, daß die Länge des Periheliums, also auch des Apheliums, aller Planetenbahnen mit der Zeit immer größer wird. Die Tafel des §. 142 gibt diese Aenderung der Absiden für die einzelnen Bahnen. Die Länge des Periheliums der Erdbahn z. B. wächst in jedem Jahre um $0^\circ{,}0172$. Wenn also die Erde, am Ende eines Jahres, wieder in dem Punkte ihrer Bahn ankömmt, wo am Anfange ihres Jahrs ihr Perihelium war, so wird sie noch $0^\circ{,}0172$ zurücklegen müssen, um auch jetzt ihr Perihelium wieder zu erreichen. Die Zeit, welche sie dazu braucht, wird $\frac{0{,}0172}{360}$ multiplicirt durch das tropische Jahr oder durch $365{,}24225$ das heißt, diese Zeit wird $0{,}017487$ Tage betragen. Die Erde wird also um diese Zeit mehr brauchen, um ihre Umlaufszeit um die Sonne, in Beziehung auf ihr Perihelium zurückzulegen oder, wie man sagt, das anomalystische Jahr der Erde wird $365{,}24225 + 0{,}017487$ das heißt $365{,}259737$ Tage betragen. Noch genauer wird man die anomalistische Revolution der Erde sowohl als auch die aller andern Planeten nach der in §. 123 gegebenen Vorschrift finden.

§. 152. (Folgen der Bewegung der Absiden.) Die Länge des Periheliums der Erde ist für den Anfang dieses Jahrhunderts, nach §. 142, gleich $99{,}6$ Grade, und die jährliche Bewegung desselben in Beziehung auf die Aequinoctien ist $0^\circ{,}0172$.

Bezeichnen daher die zwei auf einander senkrechten Linien ♈♎ (Fig. 24) die Aequinoctial- und ♋♑ die Solstitiallinie, in deren Durchschnittspunkte O wir uns die Sonne vorstellen, so wird die elliptische Bahn der Erde für den Anfang dieses Jahrhunderts die in der Zeichnung angegebene Lage haben, wo B das Perihelium und A das Aphelium, also AB die große Axe der Erdbahn ist. In dieser Bahn ist die Erde zur Zeit des Frühlingsanfangs in demjenigen Punkte, wo die Ellipse von der Linie O♎ geschnitten wird, und eben so ist sie im Anfange des Som-

mers, des Herbstes und des Winters der nördlichen Hemisphäre in denjenigen Punkten, wo die Ellipse von den Linien O♑, O♈ und O♋ geschnitten wird, welche Punkte die Erde (nach §. 86) in der genannten Ordnung zur Zeit des 21. März, 21. Junius, 23. S pten ber und 21. Dezembers einnimmt. Wird die Ebene des Aequators durch die des Papiers vorgestellt, so wird diese Ebene von jener der Ecliptik, in welcher die Erdbahn liegt, in der Linie ♎♈ uyd zwar so geschnitten, daß der Theil der Ellipse, der von ♎♈ gegen ♋ zu liegt, über, der andere, gegen ♑ zu liegende Theil aber unter den Ebenen des Papiers liegen soll. In jenem Theile, der auch das Perihelium enthält, ist die Erde zur Zeit unseres Winters, d. h. vom Anfang des Herbstes bis zum Anfang des Frühlings und in dem andern Theile hält sie sich zur Zeit unseres Frühlings und Sommers auf, so daß also, wie man sieht, die Erde im Winter der Sonne näher steht, als im Sommer.

Da nun die Bewegung der Erde im Perihelium an schnellsten und im Aphelium am langsamsten ist, so ist klar, daß jetzt Frühling und Sommer zusammengenommen etwas länger dauern, als Herbst und Winter. Der Unterschied beträgt in unserem Jahrhundert nahe acht Tage. Berechnet man nämlich mittels der in §. 144 gegebenen Sonnentafel die Tage des Jahres, an welchen die Länge der Sonne gleich 0, 90, 180 und 270 Grade beträgt, so erhält man die Dauer einer jeden der vier Jahreszeiten. Man findet so die Zeit von dem Augenblicke, wo die Sonne im Frühlingsäquinoctium ist, bis zu der, wo sie in das Sommersolstitium (§. 86) tritt, oder die Dauer des Frühlings auf der nördlichen Hemisphäre gleich $92{,}_{91}$ Tage, und eben so dauert jetzt der Sommer $93{,}_{57}$, der Herbst $89{,}_{70}$ und der Winter $89{,}_{07}$ Tage. Die Summe der beiden ersten beträgt $186{,}_{48}$ und die der beiden letzten $178{,}_{77}$ Tage, also $7{,}_{71}$ Tage weniger, als die erste Summe. Diese längere Dauer der beiden wärmeren Jahreszeiten wird bestehen, so lange das Perihelium der Erde auf derjenigen Seite der Aequinoctiallinie ♎♈ bleibt, wo es jetzt ist. Aber in der Folge der Zeiten wird sich dieses Verhältniß umkehren, und dann wird die kältere Jahreszeit die längere seyn.

§. 153. (Dauer der Jahreszeiten in verschiedenen Jahrhunderten.) Wir haben bereits oben (§. 142) gesehen, daß die Elemente aller Planetenbahnen mit der Zeit veränderlich sind, mit Ausnahme der großen Axe, die, wie wir später zeigen werden, immer dieselbe bleibt. Allein diese Aenderungen sind sämmtlich sehr gering, und überdieß in gewisse Perioden eingeschlossen, während welchen sie zwischen oft sehr engen Gränzen auf und ab gehen, wie die Schwingungen eines Pendels, ohne jene Gränzen je zu überschreiten. Beispiele solcher periodischen Aenderungen haben wir schon oben bei der Abnahme der Schiefe der Ecliptik und erst in diesem Kapitel (§. 150) bei der Aenderung der Excentricität der Erdbahn gefunden.

Bloß die Bewegung der Absiden macht davon eine Ausnahme. Zwar gehen auch sie bald langsamer, bald geschwinder, aber doch zugleich immer nach derselben Richtung fort, so daß sie in keine bestimmten Gränzen eingeschlossen sind, und allmählig, wenn gleich in Perioden von vielen Jahrtausenden, endlich den ganzen Himmel durchwandern. Wir werden weiter unten auf diesen sehr interessanten Gegenstand wieder zurückkommen. Hier wird es genügen, die Lage unserer Erdbahn zu den verschiedenen Epochen unserer Menschengeschichte etwas genauer zu betrachten.

Die Länge des Periheliums der Erde beträgt für den Anfang dieses Jahrhunderts $99{,}_6$ Grade. Nach den Beobachtungen wächst die Länge desselben während jedem Jahrhundert in Beziehung auf die Fixsterne um $0._{3276}$ Grade. Addirt man dazu die säculäre Aenderung des Frühlingspunktes, die nach dem oben Gesagten $1{,}_{3947}$ Grade beträgt, so erhält man die säculäre tropische Aenderung des Periheliums $1{,}_{72}$ Grade, übereinstimmend mit der Tafel des §. 142.

Rechnet man mit dieser jährlichen Bewegung von $0{,}_{72}$ Grade zurück, in die Zeit, wo die Länge des Periheliums gleich 0 Grade war, so findet man für diese Zeit 5800 Jahre, oder mit andern Worten: gegen das Jahr 4000 vor Ch. G. fiel das Perihelium B der Erdbahn in die Linie 0♈ der Herbstnachtgleiche. Damals war also die große Axe dieser Bahn in der Linie der Nachtgleichen und die kleine Axe derselben mußte mit der Solstitiallinie ♋♑ parallel seyn. Für diese Zeit war daher

auch die Dauer der beiden wärmern Jahreszeiten jener der kältern völlig gleich. Es ist auffallend, daß die meisten unserer Chronologen die Zeit der Entstehung der Erde, oder, wie man vielleicht angemessener sagen sollte, die Zeit der ersten Spuren des Menschengeschlechtes auf unserer Erde, in jene Epoche gesetzt haben.

Zur Zeit Hipparchs, 140 Jahre vor Ch. G., war die Länge des Periheliums 66 Grade und fiel daher in den Winkel ♈0♋, während das Aphelium in dem Winkel ♎0♑ lag. Zu jener Zeit betrug, nach den Beobachtungen dieses großen Astronomen, die Dauer des Frühlings 94,5 und die des Sommers 92,5 Tage, so daß also der Frühling länger war, als der Sommer, so wie auch der Winter länger dauerte, als der Herbst, während jetzt das Gegentheil statt findet.

Im Jahre 1250 nach Chr., zur Zeit Friedrichs II. oder während dem letzten Kreuzzuge unter Ludwig IX., betrug die Länge des Perihels 90 Grade und fiel daher in die Linie 0♋ des Wintersolstitiums, so daß also die große Axe der Ellipse in der Linie ♋♑ und die kleine in ♈♎ lag. Die Aequinoctiallinie ♈♎ theilte diese Ellipse in zwei ungleiche Theile, und die Mitte des kleineren Theiles nahm das Perihelium ein, daher auch dieser Theil in einer viel kürzeren Zeit zurückgelegt wurde, als der andere, weil der Umfang jenes Theiles schon an sich kleiner, und überdieß von der Erde mit einer größeren Geschwindigkeit durchlaufen wurde. Die beiden kälteren Jahreszeiten waren also damals beträchtlich kürzer, als die Summe der beiden wärmern, obschon der Frühling mit dem Sommer, so wie auch der Herbst mit dem Winter eine und dieselbe Dauer hatte.

Nach 4670 Jahren von dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, d. h. im Jahre 6470 nach Ch. wird die Länge des Periheliums 180 Grade betragen, und die Ellipse der Erdbahn wird dann eine Lage haben, welche jener um das Jahr 4000 vor Ch. G. ganz entgegengesetzt seyn wird. Dann wird nämlich das Perihelium in die Linie 0♎, das Aphelium in 0♈ fallen und die kleinere Axe der Ellipse wird mit der Solstitiallinie ♋♑ parallel seyn. Nach dieser Epoche wird das Perihelium in den

Winkel ≐ 0 Z treten, und die Dauer des Frühlings und des Sommers zusammengenommen, wird kürzer werden, als die des Herbstes und Winters.

Alle diese Erscheinungen könnten nicht statt haben, wenn die Bahn der Erde ein Kreis, und die Bewegung der Erde in demselben gleichförmig wäre. Die Excentricität der Erdbahn, so gering sie auch, in Beziehung auf die Axe derselben, ist, hat doch einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Dauer der Jahreszeiten, einen Einfluß, den wir zwar, während der kurzen Zeit eines Menschenlebens, nicht bemerken, der sich aber mit der Folge von Jahrhunderten immer mehr entwickelt, und endlich auch selbst den Bewohnern der Erde fühlbar werden mag.

§. 154. (Zeitbestimmung. Sternzeit.) Die bisher betrachtete Bewegung der Erde, um sich selbst sowohl, als auch um die Sonne, ist zugleich die Grundlage aller unserer Zeitrechnungen, eines der wichtigsten Elemente des bürgerlichen sowohl, als auch des wissenschaftlichen Lebens, daher sie hier eine besondere Rücksicht verdient.

Wir nennen bekanntlich Zeit den Eindruck, welchen eine Reihe von aufeinander folgenden Ereignissen auf unser Gedächtniß macht. Gewöhnlich messen wir sie durch die Bewegung irgend eines Körpers, von welchem wir voraussetzen, daß die Geschwindigkeit desselben immer dieselbe ist. Bey der Bewegung des Pendels z. B. haben wir diese Eigenschaft bemerkt, daher man dasselbe auch bey unsern Uhren allgemein zum Zeitmaße angewendet hat.

Aber auch am Himmel bemerken wir mehrere solche Bewegungen, die, allen unsern, selbst den genauesten Erfahrungen zu Folge, völlig gleichförmig vor sich gehen, und daher zur Zeitbestimmung sehr geschickt sind. Dahin gehören vor allen die Rotationen der Planeten, und unter diesen besonders die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe, die, der Theorie und den Beobachtungen gemäß, völlig gleichförmig, und seit den ältesten Zeiten immer dieselbe ist.

Man erkennt diese Bewegung der Erde an den Fixsternen, die ihren Ort am Himmel nicht ändern, und sich doch, in Folge jener Drehung der Erde, täglich um uns zu bewegen scheinen,

und man sagt, daß ein Tag vollendet ist, wenn ein solcher Fixstern für uns wieder an demselben Punkte, z. B. für denselben Standpunkt des Auges, an derselben Thurmspitze erscheint, an welcher er gestern erschienen ist. Diese Zeit eines ganzen Tages pflegt man dann in 24 gleiche Theile einzutheilen, die man Stunden nennt, deren jede wieder 60 Minuten, und jede Minute 60 Secunden hat, und diese kleineren Theile des Tages sind es eben, welche wir durch die oben erwähnten Pendel, d. h. durch unsere Uhren, zu messen pflegen.

Da hier von der scheinbaren Bewegung des Himmels, d. h. von der wahren täglichen Bewegung der Erde, die Rede ist, und da diese um die Axe der Erde, oder parallel mit dem Aequator, vor sich geht, so kann man auch sagen, daß der Tag die Zeit ist, in welcher jeder Punkt des Aequators seinen ganzen Umkreis oder volle 360 Grade um den Mittelpunkt der Erde zurücklegt, so daß daher in einer Stunde 15 Grade, in einer Zeitminute 15 Raumminuten, und in einer Zeitsecunde 15 Raumsecunden des Aequators durch den Meridian gehen.

Gewöhnlich wählt man zu diesem Zwecke unter den fixen Punkten des Himmels denjenigen, welchen eben der Frühlingspunkt einnimmt. Dieser Punkt ist zwar, wie wir bereits gesehen haben, selbst nicht ganz unbeweglich, aber seine Bewegung ist so langsam und gleichförmig, daß man, wenigstens bei dieser ersten Betrachtung des Gegenstandes, sie ganz außer Acht lassen kann.

Wir sagen also, daß der Sterntag gleich ist der Zwischenzeit zwischen zwei nächsten Durchgängen des Frühlingspunktes durch den Meridian, und daß, für einen jeden Ort der Erde, dieser Tag in dem Augenblicke anfängt und endet, in welchem der Frühlingspunkt durch den Meridian dieses Ortes geht. Eine Stunde nach dieser Culmination hat jeder Punkt des Aequators, also auch der Frühlingspunkt selbst, den 24sten Theil seines Umkreises zurückgelegt, oder der Stundenwinkel (Einl. §. 19) dieses Punktes ist gleich einer Stunde, oder gleich 15 Graden, und eben so wird in 2, 3, 4 Stunden nach der Culmination dieses Punktes der Stundenwinkel desselben 2, 3, 4 Stunden, oder 30, 45, 60 Grade betragen u. s. w., so daß man daher kurz sagen kann: der Sterntag ist die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen

des Frühlingspunktes, und die Sternzeit eines jeden solchen Tages ist der Stundenwinkel dieses Frühlingspunktes (Einl. §. 28).

§. 155. (Mittlere und wahre Sonnenzeit.) Allein wir sind von jeher gewöhnt, die Sonne als das eigentliche Maaß unserer Zeit zu betrachten, wie sie sich denn auch in der That ganz vorzüglich dazu eignet. Durch die tägliche Abwechslung von Licht und Schatten gibt sie uns den Tag und die Nacht, welche beide zusammen den Tag, im weitern Sinne des Worts, bilden, und eben so gibt sie uns, durch ihre Wiederkehr zu dem Frühlingspunkte, die Abwechslung der vier Jahreszeiten, welche zusammen unser Jahr ausmachen.

Wir werden daher, analog mit dem Vorhergehenden, sagen: der Sonnentag ist die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne, und die Sonnenzeit eines jeden Ortes ist der Winkel, welchen die Sonne seit ihrem letzten Durchgang durch den Meridian dieses Ortes, in Beziehung auf den Aequator, zurückgelegt hat, d. h. die Sonnenzeit eines jedes Augenblicks ist der Stundenwinkel der Sonne für denselben Augenblick.

Allein hier begegnen wir sogleich einer Schwierigkeit, die wir, ehe wir weiter gehen, zu entfernen suchen müssen.

Die Zeit geht gleichförmig fort, und kann daher auch nur durch solche Bewegungen gemessen werden, die ebenfalls gleichförmig vor sich gehen, wie wir bereits oben (§. 154) gesagt haben. Die Sonne aber geht, wie wir aus dem IX. Capitel von ihrer elliptischen Bewegung wissen, bald langsamer, bald geschwinder in ihrer Bahn fort, und sie kann daher eigentlich nicht als Zeitmesser gebraucht werden. Ja selbst, wenn sie in der Ecliptik immer mit derselben Geschwindigkeit fortginge, so würde doch diese ihre in der Ecliptik gleichförmige Bewegung, in Beziehung auf den Aequator, wieder ungleichförmig erscheinen, und da wir, wie gesagt, die Zeit auf dem Aequator oder durch die Bewegung des Aequators, messen, so würde die Sonne auch dann nicht als Zeitmaaß gebraucht werden können, wenn sie selbst eine an sich vollkommen gleichförmige Bewegung hätte. Die Tage, die Stunden des einzelnen Tags, und selbst die kleinen Theile desselben, würden in verschiedenen Jahreszeiten nicht mehr dieselbe Dauer

haben, und das Maaß, mit dem wir die Zeit bestimmen wollten, würde selbst ungleich und veränderlich, und daher zu allen Zeitmessungen, in welchen nur einige Genauigkeit erfordert wird, unbrauchbar seyn.

Dem ungeachtet dringt sich uns diese Sonne gleichsam zum Zeitmaaße auf, und sie ist überdieß, seit den ältesten Zeiten, so allgemein als ein solches gebraucht worden, daß wir nicht umhin können, zuzusehen, ob sich jene Unregelmäßigkeiten ihrer Bewegung, die wir aus der Natur selbst nicht wegschaffen können, vielleicht doch durch Rechnung umgehen lassen mögen.

§. 156. (Zeitgleichung.) Die Sonne eignet sich also, so wie sie ist, nicht zur Zeitbestimmung, weil sie erstens, wegen ihrer elliptischen Bahn, eine ungleichförmige Bewegung hat, und weil diese Bewegung zweitens, selbst wenn sie gleichförmig wäre, in Beziehung auf den Aequator, in welcher Beziehung wir allein die Zeit messen, doch wieder ungleichförmig erscheinen würde. Würde sich die Sonne, statt in einer Ellipse, in einem Kreise, also gleichförmig bewegen, und würde dieser Kreis selbst in der Ebene des Aequators liegen, so würden beide Hindernisse wegfallen, und die Sonne würde ganz eben so gut, wie oben der Frühlingspunkt, zur Messung der Zeit gebraucht werden können.

Wir haben uns aber schon oben, wo wir einem ähnlichen Hindernisse begegneten, bei der Bestimmung des Orts der Erde oder der Sonne in ihrer elliptischen Bahn eines Mittels bedient, das wir, mit einer kleinen Veränderung, auch hier wieder anwenden können. Wir haben uns nämlich zu jenem Zwecke eine imaginäre Sonne, eine *mittlere* Sonne, wie wir sie §. 140 nannten, vorgestellt, welche die Eigenschaft hat, daß sie in derselben Ebene der Ecliptik, wie die wahre Sonne, aber *gleichförmig* um die Erde, und zwar so gehe, daß sie mit der wahren Sonne immer zugleich in den beiden Punkten der Absidenlinie eintreffe, also auch mit der wahren Sonne dieselbe Umlaufszeit habe. Mit Hilfe dieser mittleren Sonne, deren Ort in der Ecliptik, oder deren Länge wir dort für jede Zeit durch eine einfache Addition gefunden haben, wurde es uns leicht, durch eine kleine Rechnung auch den, nie weit von jenem entfernten Ort der wahren Sonne aufzufinden.

Denken wir uns nun noch eine zweite mittlere Sonne, welche ebenfalls gleichförmig, aber in der Ebene des Aequators einhergeht, und welche immer zugleich mit jener ersten, mittleren Sonne durch die beiden Punkte der Nachtgleichen geht, deren Umlaufszeit also wieder dieselbe, wie jene der beiden andern Sonnen ist. Dieß vorausgesetzt, wird es ebenfalls sehr leicht seyn, den Ort dieser zweiten mittleren Sonne im Aequator, d. h. ihre Rectascension für jeden Augenblick anzugeben. Diese Rectascension wird nämlich offenbar gleich der Länge der ersten mittleren Sonne seyn, und diese letzte erhält man sofort aus der Tafel des §. 144. So haben wir z. B. für den 10. Julius des Jahres 1836 im Mittag Wiens

1836 . . .	$280^{0},_{136}$
0 Juli . . .	$178^{0},_{402}$
10 Tage . .	$9^{0},_{857}$
	$108^{0},_{395}$

oder die gesuchte Rectascension der zweiten mittleren Sonne für diesen Augenblick ist $108^{0},_{395}$ oder durch 15 dividirt, um sie auf Zeit zu bringen, 7 St. 13′ 35″.

Dieser Punkt des Aequators also, der die zweite mittlere Sonne einnimmt, und den man für jeden Augenblick so leicht finden kann, dieser Punkt wird es seyn, dessen Stundenwinkel die mittlere Sonnenzeit für diesen Augenblick angeben wird.

Welches wird aber der Punkt des Aequators seyn, welchem in demselben Augenblick die wahre Sonne entspricht, d. h. derjenige Punkt, der in diesem Augenblick von dem Declinationskreise der wahren Sonne getroffen wird? — Man wird diesen Punkt kennen, wenn man die Rectascension der wahren Sonne kennt. Diese Rectascension aber wird man leicht finden, wenn man einmal die Länge der wahren Sonne weiß, und diese letzte findet man durch dieselbe Tafel des §. 144, wenn man an die bereits gefundene mittlere Länge $108^{0},_{395}$ die Gleichung der Bahn anbringt. Man hat nämlich, nach §. 145, das Argument $108,_{395} - 100,_{064} = 8,_{331}$, mit welchem man die Gleichung der Bahn $0,_{273}$, und daher die wahre Länge der Sonne gleich $108^{0},_{122}$ findet.

Kennt man aber die Länge der wahren Sonne, so ist es leicht, daraus auch die Rectascension derselben abzuleiten. Es ist

nämlich die Tangente der Länge multiplicirt mit dem Cosinus der Schiefe der Ecliptik (23° 28′) gleich der Tangente der Rectascension, welche letzte man daher hier gleich 109°,83, oder in Zeit gleich 7 St. 18′ 32″ findet.

Und dieser letzte Punkt des Aequators, der um 7 St. 18′ 32″ vom Frühlingspunkte absteht, und der die Rectascension der wahren Sonne für den gegebenen Augenblick (1836, Juli 10) bestimmt, dieser Punkt wird es seyn, dessen Stundenwinkel die wahre Sonnenzeit für jenen Augenblick angeben wird. Der Unterschied zwischen diesen beiden Punkten des Aequators, d. h. also die Rectascension der wahren Sonne, weniger der Länge der zweiten mittleren Sonne, oder hier die Zahl 7*h* 18′ 32″ — 7*h* 13′ 35″ = 4′ 57″, diese Zahl wird auch zugleich der Unterschied zwischen der wahren und zwischen der mittleren Sonnenzeit für jeden Augenblick seyn. Man nennt diesen Unterschied die Zeitgleichung, und addirt ihn mit seinem Zeichen zur wahren Zeit, um die mittlere Zeit zu erhalten.

Es ist also sehr leicht, die Zeitgleichung für jeden gegebenen Augenblick durch eine einfache Rechnung, und daher auch die wahre Zeit für jede gegebene mittlere Zeit, und umgekehrt, zu erhalten. Die Astronomen haben auch dafür eigene Tafeln entworfen, durch welche diese Verwandlungen der beiden Zeiten noch erleichtert werden. Auch findet man in den astronomischen Ephemeriden derselben diese Zeitgleichung für jeden Mittag des Jahres angegeben, woraus man sie dann auch leicht für jede zwischen diese Mittage fallende Zeit berechnen kann.

§. 157. (Gebrauch der astronomischen Uhren.) Die wahre Zeit ist der Gegenstand der Beobachtung, weil diese nur an der wahren Sonne angestellt werden kann. Die mittlere Zeit hingegen kann nicht unmittelbar durch Beobachtung gefunden, sondern aus dieser nur durch Rechnung abgeleitet werden. Im Augenblicke, wo man die wahre Sonne durch den Meridian seines Ortes gehen sieht, hat der wahre Mittag statt, oder es ist 12*h* an diesem Orte. Hat man diese Culmination der Sonne am 10. Julius 1836 zu einer Zeit beobachtet, wo die dazu gebrauchte Uhr z. B. 12*h* 2′ 30″ gab, so sagt man, die Uhr ging für diesen Augenblick zu früh um 2′ 30″ gegen wahre Zeit, und da, nach

dem Vorgehenden, für die Zeit dieses wahren Mittags die mittlere Zeit 12*h* 4′ 57″ seyn soll, so kann man auch sagen, die Uhr ging in diesem Augenblicke zu spät um 2′ 27″ gegen mittlere Zeit.

Die älteren Astronomen gebrauchten durchgängig die Vergleichung ihrer Uhren mit der wahren Sonnenzeit, und dieser Gebrauch war auf dem Festlande Europa's noch vor wenigen Jahrzehnten üblich. Die englischen Astronomen führten seit Bradley, d. h. seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, die mittlere oder eigentlich, wie wir bald sehen werden, die Sternzeit (§. 154) bey ihren Beobachtungen ein, indem sie, wie in der vorhergehenden zweiten Vergleichung, den Stand ihrer Uhren unmittelbar mit einer dieser beiden letzten Zeiten verglichen, und dies ist besser, da diese Zeiten gleichförmig fortschreiten, was bei der wahren Sonnenzeit nicht der Fall ist. Wenn man aber die Uhren unmittelbar mit der wahren Zeit vergleicht, so wird man, selbst wenn die Uhr ganz gut, d. h. völlig gleichförmig geht, für die aufeinander folgenden Mittage ungleiche Correctionen der Uhr erhalten.

Nehmen wir an, man hätte durch drei auf einander folgende Tage für den Augenblick des wahren Mittags den Stand der Uhr gegen wahre Zeit gefunden

1. Tag	. . .	0*h* 3′ 15″
2. —	. . .	0*h* 3′ 27″
3. —	. . .	0*h* 3′ 39″

Hat man nun, am Abend des zweiten Tags, irgend eine andere Beobachtung, z. B. die einer Finsterniß, zu einer Zeit gefunden, wo die Uhr 4 St. 21′ 36″,9 zeigte, und soll nun gefunden werden, um welche wahre oder mittlere Zeit diese Beobachtung angestellt worden ist, so wird man so verfahren: — Die Uhr gab am Mittag des zweiten Tags um 3′ 27″ zu viel gegen wahre Zeit. Da sie ferner, wie die vorhergehende kleine Tafel zeigt, während jedem wahren Sonnentag, d. h. während 24 St. 0′ 12″ Uhrzeit, um 12″ voraus geht, und da jene Finsterniß um 4 St. 18′ 10″ nach dem wahren Mittag beobachtet wurde, so hat man die einfache Proportion

$$24 \text{ St. } 0' 12'' : 12'' = 4 \text{ St. } 18' 10'' : x$$

oder $x = 2''_{,1}$; das heißt, zur Zeit jener Beobachtung gab die Uhr gegen wahre Zeit zu viel um 3′ 27″ + $2''_{,1}$ oder um 3′ $29''_{,1}$, also ist auch die wahre Zeit der Beobachtung 4*h* 18′ $7''_{,8}$. Kennt man nun auch, nach §. 156, die Zeitgleichung für diese wahre Zeit, und beträgt sie z. B. + 2′ $30''_{,2}$, so ist auch die mittlere Zeit der beobachteten Finsterniß 4*h* 20′ $38''_{,00}$.

§. 158. (Einführung der mittleren Zeit in das bürgerliche Leben.) In dieser mittleren Zeit pflegen die Astronomen alle ihre Beobachtungen anzugeben, obschon sie dieselbe alle unmittelbar, entweder in wahrer oder auch, wie wir bald sehen werden, in Sternzeit gefunden haben. In derselben mittleren Zeit werden auch alle Elemente und Tafeln der Planeten berechnet. So beziehen sich die Umlaufszeiten des §. 100 und 149, die täglichen Bewegungen des §. 142 und §. 144 durchaus nur auf die mittlere Zeit und die mittleren Sonnentage. Selbst im bürgerlichen Leben hat man, wenigstens in den größern Städten Europa's, diese mittlere Zeit bereits eingeführt, indem man den Bewohnern derselben, meistens von den Sternwarten dieser Städte, jeden Tag den Augenblick des **mittleren** Mittags durch ein besonderes Zeichen anzugeben pflegt, so, daß sie ihre Uhren, und dadurch auch ihre Geschäfte, nur nach der mittleren Zeit richten, während unsere Vorfahren, die sich an die wahre Zeit hielten, ihre Uhren, selbst wenn sie vollkommen gut, d. h. gleichförmig gingen, an jedem wahren Mittage wieder stellen oder, mit andern Worten, ihre Uhren durch diese immerwährende Correction verderben mußten, um sie dadurch zu zwingen, mit der ungleichförmig gehenden Sonne gleichen Schritt zu halten.

Unsere Sonnenuhren z. B., nach welchen leider noch die meisten unserer Uhrmacher sich zu richten pflegen, weil sie die besseren Mittel, ihre Zeit zu bestimmen, nicht kennen, geben natürlich nur die wahre Zeit an, und man muß daher die Zeitgleichung für alle Mittage des Jahrs kennen, um daraus die mittlere Zeit jedes wahren Mittags zu finden, wenn man die Uhr, wie es seyn soll, mit dieser mittleren Zeit vergleichen will. Zwar hat man auch eigene Vorrichtungen an mehreren Sonnenuhren angebracht, durch welche man aus dem Endpunkte des Schattens, welchen ihre Stiele werfen, auch die mittlere Zeit des

wahren Mittags unmittelbar ablesen kann. Man erkennt diese Uhren an einer eigenen Zeichnung, an einer krummen Linie, welche die Gestalt der Ziffer 8 hat, und die in der Nähe der Schattenlinie des Mittags angebracht ist. Man findet eine solche Uhr an dem Palais du Luxembourg in Paris, an dem Gebäude der alten Sternwarte in Berlin u. dgl. Allein diese Zeichnungen sind gewöhnlich eben so unvollkommen, als die ganze Sonnenuhr selbst, und unsere Uhrmacher, wenigstens jene, denen es um eine genaue Zeitbestimmung zu thun ist, sollten Mittel dieser Art um so weniger gebrauchen, da ihnen, wie wir später sehen werden, viel einfachere und bessere Mittel zugleich zu Gebote stehen.

Die folgende Tafel gibt diese Zeitgleichung auf den zehnten Theil einer Minute genau, was zu den gewöhnlichen Bedürfnissen hinreichend ist, von fünf zu fünf Tagen des Jahres. Sie ist für solche Jahre ganz genau, die in der Mitte zwischen zwei Schaltjahren stehen, wie 1830, 1834 u. f., doch ist sie auch für andere Jahre nur um einige Secunden verschieden. Man setzt diese Zeitgleichung mit ihrem Zeichen zu $12h$ oder zu dem wahren Mittage, um die mittlere Zeit des wahren Mittags an diesem Tage zu erhalten. So ist z. B. diese mittlere Zeit am 1. Januar gleich $12h\ 3',_8$ oder $12h\ 3'\ 48''$ und am 1. Mai gleich $23h\ 56',_9$ oder $23h\ 56'\ 54''$. Viermal im Jahre endlich, am 15. April, 15. Junius, 1. September und 25. Dezember sind beide Zeiten einander gleich, und die Zeitgleichung ist Null.

Zeitgleichung.

Januar 1	$3',_8$	März 7	$11',_3$
6	$6',_1$	12	$10',_0$
11	$8',_2$	17	$8',_6$
16	$10',_0$	22	$7',_1$
21	$11',_6$	27	$5',_6$
31	$13',_7$	April 1	$4',_0$
Februar 5	$14',_3$	April 6	$2',_5$
10	$14',_6$	11	$1',_1$
15	$14',_5$	16	$-0',_2$
20	$14',_0$	21	$-1',_3$
25	$13',_4$	26	$-2',_3$
März 2	$12',_4$	Mai 1	$-3',_1$

Mai	6	— 3′,6	September	3	— 0′,7
	11	— 3′,9		8	— 2′,3
	16	— 3′,9		13	— 4′,0
	21	— 3′,8		18	— 5′,8
	26	— 3′,4		23	— 7′,6
	31	— 2′,8		28	— 9′,3
Juni	5	— 2′,0	October	3	— 10′,9
	10	— 1′,1		8	— 12′,6
	15	0′,0		13	— 13′,3
	20	1′,0		18	— 14′,7
	25	2′,1		13	— 15′,5
	30	3′,1		28	— 16′,1
Juli	5	4′,1	November	2	— 16′,2
	10	4′,9		7	— 16′,2
	15	5′,5		12	— 15′,7
	20	5′,9		17	— 14′,9
	25	6′,1		22	— 13′,7
	30	6′,1		27	— 12′,2
August	4	5′,8	December	2	— 10′,4
	9	5′,2		7	— 8′,4
	14	4′,5		12	— 6′,1
	19	3′,4		17	— 3′,7
	24	2′,2		22	— 1′,2
	29	0′,8		27	1′,2
				32	3′,7

§. 159. (Vergleichung der Sternzeit mit der mittleren Sonnenzeit.) Da die in §. 156 betrachtete zweite mittlere Sonne mit der ersten, von welcher wir in §. 140 gesprochen haben, zu derselben Zeit durch die beiden Aequinoctien geht, so ist auch die Umlaufszeit beider Sonnen gleich dem tropischen Jahre (§. 149) der Erde, oder gleich $365{,}_{242255}$ mittlerer Sonnentage. In dieser Zeit nimmt also die Länge der ersten, oder, was dasselbe ist, die Rectascension der zweiten mittleren Sonne um volle 360 Grade zu, und da diese Zunahme durch das ganze Jahr gleichförmig ist, so folgt, daß die Rectascension dieser zweiten mittleren Sonne während der Dauer eines mittleren Sonnentages um 360°, dividirt durch $365{,}_{242255}$, das heißt um $0{,}_{9856472}$ Grade zunimmt. Bringt man diesen Winkel auf Zeit, indem man ihn durch 15

dividirt, so erhält man $0{,}0657098$ Stunden oder 0 St. 3 M. $56{,}555$ Sec., oder endlich $0{,}0027379$ Tage.

Wenn also an einem bestimmten Tage diese zweite Sonne zugleich mit dem Frühlingspunkte durch den Meridian eines gegebenen Ortes geht, oder wenn für diesen Tag der Anfang des Sterntages und des mittleren Sonnentages in denselben Augenblick fällt, so wird an dem folgenden Tage die Sonne, vermöge ihrer eigenen Bewegung, östlich von dem Frühlingspunkte stehen, und zwar, im Augenblicke der zweiten Culmination der mittleren Sonne, um den $0{,}0027379$ten Theil eines Sterntages, so daß daher der mittlere Sonnentag gleich $1{,}0027379$ Sterntage, und daher auch umgekehrt, der Sterntag gleich $\frac{1}{1{,}0027379}$ oder $0{,}9972696$ eines Sonnentages ist. Mit andern Worten, der mittlere Sonnentag ist um $3'\ 56'',555$ eines Sterntages länger als der Sterntag, oder der Sonnentag hat $24h\ 3'\ 56'',555$ Sternzeit, und der Sterntag hat nur $23h\ 56'\ 4'',093$ mittlere Zeit. Daraus folgt zugleich, daß das tropische Jahr oder die Zeit von $365{,}242255$ Sonnentagen gleich ist $366{,}242255$ Sterntagen, oder daß nach Verfluß eines tropischen Jahres der Frühlingspunkt genau einen vollen Umlauf mehr um die Erde gemacht hat, als die mittlere Sonne.

Mittels dieser Zahlen ist es nun leicht, jedes gegebene, in Sternzeit ausgedrückte Intervall in mittlerer Zeit auszudrücken, wenn man von jeder Stunde der Sternzeit $9{,}829$ Secunden subtrahirt, oder auch umgekehrt, jedes in mittlere Zeit gegebene Intervall in Sternzeit auszudrücken, wenn man zu jeder Stunde mittlerer Zeit $9{,}856$ Secunden addirt.

§. 160. (Verwandlung dieser beiden Zeiten.) Allein wie findet man die absolute Sternzeit für einen Augenblick, der bloß in mittlerer Zeit gegeben ist, oder umgekehrt, wie findet man die mittlere Zeit eines in Sternzeit ausgedrückten Moments?

Nach dem, was in §. 154 und 155 gesagt wurde, ist die mittlere Zeit eines gegebenen Augenblicks der Stundenwinkel der mittleren Sonne, und die Sternzeit der Stundenwinkel des Frühlingspunktes, der in demselben Augenblicke statt hat. Es

stelle daher der Kreis BTD (Fig. 4) den Aequator, und die gerade Linie BD den Durchschnit des Aequators mit der Ebene des Meridians vor. Sey für den gegebenen Augenblick der Frühlingspunkt in T und die mittlere Sonne in t, so ist also der Bogen BT der Stundenwinkel (Einl. §. 28) des Frühlingspunktes oder die gesuchte Sternzeit, und Bt ist der Stundenwinkel der Sonne oder die gegebene mittlere Zeit. Allein der Bogen Tt ist zugleich die Rectascension (Einl. §. 22) der zweiten, oder was dasselbe ist, die Länge der ersten mittleren Sonne (§. 156), die man sehr leicht durch die Tafel des §. 144 finden kann. Man sieht daher, daß man für jede gegebene mittlere Zeit zu derselben nur die Rectascention der mittleren Sonne, welche für diese Zeit statt hat, addiren darf, um sofort die gesuchte Sternzeit zu erhalten. Ist z. B. für den mittleren Mittag des 10. Julius 1836 die mittlere Zeit 0*h* gegeben, so hat man für diese Zeit bereits oben (§. 156) die Rectascension der mittleren Sonne 108° 23',7 oder in Zeit 7*h* 13' 35", und dieß ist zugleich die gesuchte Sternzeit dieses Augenblickes.

Die folgende Tafel gibt für jeden zehnten Tag des Jahres diejenigen Zahlen, welche man zu der gegebenen Sternzeit im mittleren Mittag addiren muß, um die mittlere Zeit zu erhalten. Diese Zahlen nehmen für jeden Tag nahe um 0*h* 4' ab. Eigentlich gehören sie wieder nur für solche Jahre, die, wie 1830, 1834 ... zwischen zwei Schaltjahren in der Mitte liegen. Für solche Jahre, welche die ersten nach einem Schaltjahre sind, wird man alle Zahlen um 1' vermindern, und für die ersten vor einem Schaltjahre um 1' vermehren, für Schaltjahre selbst endlich werden die Zahlen der beiden ersten Monate um 2' vermehrt, und die aller anderer Monate um 2' vermindert.

Jannuar	1	5*h* 18'	Februar	5	3*h* 0'
	6	5*h* 0'		10	2*h* 40'
	11	4*h* 39'		15	2*h* 20'
	16	4*h* 18'		20	2*h* 0'
	21	3*h* 59'		25	1*h* 41'
	31	3*h* 20'	März	2	1*h* 21'

März	7	1h 1′	August	4	15h 10′
	12	0h 42′		9	14h 51′
	17	0h 23′		14	14h 31′
	22	0h 2′		19	14h 11′
	27	23h 43′		24	13h 51′
April	1	23h 23′		29	13h 32′
April	6	23h 3′	September	3	13h 12′
	11	22h 44′		8	12h 53′
	16	22h 24′		13	12h 33′
	21	22h 4′		18	12h 13′
	26	21h 45′		23	11h 53′
Mai	1	21h 25′		28	11h 34′
Mai	6	21h 5′	October	3	11h 16′
	11	20h 46′		8	10h 54′
	16	20h 26′		13	10h 34′
	21	20h 6′		18	10h 15′
	26	19h 46′		23	9h 55′
	31	19h 27′		28	9h 35′
Juni	5	19h 7′	November	2	9h 16′
	10	18h 47′		7	8h 57′
	15	18h 27′		12	8h 37′
	20	18h 7′		17	8h 17′
	25	17h 47′		22	7h 57′
	30	17h 28′		27	7h 37′
Juli	5	17h 9′	December	2	7h 17′
	10	16h 48′		7	6h 58′
	15	16h 29′		12	6h 38′
	20	16h 10′		17	6h 18′
	25	15h 50′		22	5h 58′
	30	15h 30′		27	5h 37′
				32	5h 17′

Diese Tafel zeigt z. B., daß im Jahre 1834 im mittleren Mittag des 12. März die mittlere Zeit um 0h 42′ größer ist, als die Sternzeit, daß also die Sternzeit am mittleren Mittag

dieses Tages 23*h* 18′ ist. Am 24. August aber ist die mittlere Zeit 13*h* 51′ größer, also die Sternzeit im Mittag 10*h* 9′ u. s. w.

§. 161. (Gebrauch der Sternzeit.) Da die Sternzeit nichts anderes ist, als der Stundenwinkel des Frühlingspunkts, und da für jeden Stern, im Augenblicke seiner Culmination, dieser Stundenwinkel des Frühlingspunkts gleich der Rectascension des culminirenden Sterns seyn muß, so ist also auch die Sternzeit der Culmination eines jeden Sterns gleich der Rectascension desselben in Zeit ausgedrückt.

In den astronomischen Ephemeriden findet man für jeden Tag des Jahres die Rectascension der Sonne, des Mondes und aller Planeten bereits voraus berechnet. Beobachtet man also diese Gestirne an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr, so wird man, mit Hilfe der vorhergehenden Tafel, auch leicht die mittlere Zeit der Culmination derselben finden, da ihre Rectascension zugleich die Sternzeit ihrer Culmination ist, vorausgesetzt, daß diese Rectascension schon für diese Zeit ihres Durchgangs durch den Meridian berechnet worden ist. Dasselbe wird man auch bey den Fixsternen thun, deren Ort in den Sterncatalogen durch Rectascension und Declination gegeben ist. Da nun die Zahlen der vorhergehenden Tafel für jeden Tag um nahe vier Minuten abnehmen, so kommen auch alle Fixsterne jeden folgenden Tag um vier Minuten, oder genauer, um 3′ 55″,$_{907}$ mittlerer Zeit früher in den Meridian, als an dem vorhergehenden Tage. Man nennt dieß die Acceleration der Fixsterne. Wegen dieser Acceleration wird die mittlere Zeit der Culmination jedes Fixsterns, obgleich sein Ort am Himmel ganz unverändert bleibt, das ganze Jahr durch immer auf eine frühere Tagesstunde fallen, und anfangs, wenn er z. B. bei der Sonne ist, um Mittag, in drei Monaten später um 6 Uhr Morgens, nach sechs Monaten um Mitternacht, und nach neun Monaten um 6 Uhr Abends culminiren. Diese Veränderlichkeit macht eine, zwar sehr leichte, aber doch durch ihre immerwährende Wiederholung beschwerliche Reduction nothwendig, die man ganz übergehen kann, wenn man seine Uhr, nicht nach mittlerer Sonnenzeit, sondern nach Sternzeit gehen läßt. Zu diesem Zwecke darf man nur die Linse des Uhrpendels so weit erhöhen, oder dem Aufhängepunkte des Pen=

dels nähern, wodurch der Gang der Uhr beschleunigt wird, bis sie zwischen zwey nächsten Culminationen eines Fixsterns genau 24 Stunden gibt. Hat die Uhr diesen Gang, so wird man dann zur Zeit der Culmination eines Sterns, dessen Rectascension bekannt ist, die Zeiger der Uhr so stellen, daß sie in diesem Augenblicke die Rectascension des Sterns anzeigen, wodurch dann diese Uhr auch im Laufe des ganzen Jahres die Sternzeit der Culmination dieses und aller andern Fixsterne anzeigen wird. Man sieht, daß eine so gestellte Uhr die Bequemlichkeit der Beobachtungen sehr erhöht, daher sie auch bereits auf allen neuern, thätigen Sternwarten eingeführt worden ist.

Kapitel XI.

Der Mond der Erde und die Satelliten der übrigen Planeten.

---

§. 162. (Umlaufszeit und Entfernung des Mondes.) Nächst der Sonne erregte ohne Zweifel der Mond schon die Aufmerksamkeit der ersten Beobachter des Himmels. Er erhellt unsere Nächte, er leitet den Wanderer in fremden Ländern, und den Schiffer auf unbekannten Meeren; ihm verdanken wir den größten und wichtigsten Theil unserer Zeitrechnung, und die tägliche Ebbe und Fluth des Oceans, und vielleicht auch einen wesentlichen Einfluß auf unsere Witterung, und dadurch selbst auf unsere Gesundheit.

Wenige Tage schon reichen hin, zu bemerken, daß er, nebst seinem täglichen Umlaufe um die Erde, die er mit allen Gestirnen des Himmels gemein hat, und die, wie wir wissen, bloß scheinbar ist, auch noch eine ihm eigenthümliche Bewegung hat, mit welcher er täglich unter den Fixsternen nahe dreizehn Grade von West gen Ost fortschreitet. Genaue Beobachtungen dieser seiner Bewegung haben gezeigt, daß die siderische Umlaufszeit des Mondes um die Erde 27,52166 mittlere Sonnentage beträgt. Da die Punkte der Nachtgleichen in einem Jahre um 50″,211 rückwärts oder gen West gehen (§. 123), und da die mittlere

tropische Bewegung der Sonne in einem Tage gleich 0°,98565 ist (§. 144), so ist die tropische Umlaufszeit des Mondes, in Beziehung auf die Aequinoctien, gleich 27,32158 Tage, und endlich die Zeit zwischen zwei nächsten Conjunctionen mit der mittleren Sonne (§. 140) oder die synodische Revolution des Mondes gleich 29,53059 Tage.

Der Mond vollendet diese seine Bewegung um die Erde in einer Ellipse, deren einen Brennpunkt der Mittelpunkt der Erde einnimmt. Die halbe große Axe dieser Ellipse, d. h. die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde, beträgt 60,2965 Erdhalbmesser oder 51812,8 deutsche Meilen, und die Excentricität derselben beträgt 0,05484 Theile der halben großen Axe, oder 2850 Meilen. Wenn der Mond in seiner mittleren Entfernung von der Erde ist, so beträgt die Horizontalparallaxe desselben unter dem Aequator der Erde 0°,9503, und dann erscheint der Halbmesser des Mondes im Horizonte unter dem Winkel von 0°,2594, woraus folgt, daß der wahre Halbmesser des Mondes 233 Meilen beträgt. Das Verhältniß des Mondes zur Erde ist daher im Durchmesser wie 1 zu 3,69, in der Oberfläche wie 1 zu 13,60, und im Volum wie 1 zu 50,13.

§. 163. (Phasen des Mondes.) Die auffallendsten Erscheinungen, die uns der Mond darbietet, sind die abwechselnden Lichtgestalten oder die Phasen desselben.

Sey S (Fig. 26) die Sonne in einer sehr großen Entfernung von der Erde T, um welche sich der Mond in seiner Bahn ABCD bewegt. Wenn der Mond in A zwischen Sonne und Erde ist, so ist uns derselbe ganz unsichtbar, und da er für uns an demselben Orte des Himmels steht, wo wir auch die Sonne sehen, so geht er auch mit der Sonne zugleich auf und unter. Man nennt diese Zeit den Neumond. Wenn wir, dem Vorhergehenden gemäß, den Mond, gleich den übrigen Körpern des Himmels, kugelförmig annehmen, und überdieß voraussetzen, daß er kein eigenes Licht habe, sondern nur mit dem von der Sonne geborgten und auf uns reflectirten Lichte scheine, so wird die Mondskugel, wie alle andern Kugeln, von der Sonne immer zur Hälfte beleuchtet werden, während die andere im Schatten oder dunkel ist. Zur Zeit des Neumonds wird also diese beleuch-

tete Hälfte, die ihrer Natur nach immer der Sonne zugewendet seyn muß, zugleich von der Erde abgewendet seyn, oder wir werden nur die dunkle Seite des Mondes, d. h. wir werden ihn gar nicht sehen.

Einige Tage nach dem Neumonde erblickt man den Mond, der anfangs bei der Sonne stand, schon bedeutend links oder östlich von derselben. Da nämlich seine synodische Revolution 29½ Tag beträgt, so wird er z. B. in 3¾ Tagen schon den achten Theil seines Umkreises um die Erde, in Beziehung auf die Sonne, zurückgelegt haben, und in dem Punkte m seiner Bahn seyn. Da die beleuchtete Seite, wie gesagt, immer der Sonne S zugewendet bleibt, so wird er in dieser Stellung der Erde T nicht mehr die ganze dunkle Seite zukehren, sondern die Erde wird bereits auf der rechten oder westlichen Seite des Mondes einen, obschon nur kleinen Theil jener beleuchteten Seite sehen, und der Mond wird uns daher hier nur als eine beleuchtete Sichel erscheinen, deren hohle Seite von der Sonne abgewendet oder links gekehrt ist, oder der beleuchtete Theil wird, wie die Zeichnung bey m zeigt, die Gestalt eines umgekehrten C haben. Da übrigens jetzt der Mond links von der Sonne steht, so wird er erst nach ihr, oder bey Tage, in den Morgenstunden, aufgehen, und eben so erst nach der Sonne, in den bereits dunklen Abendstunden, untergehen.

In 7⅖ Tagen nach dem Neumonde ist er in B, wo er bereits den vierten Theil seiner synodischen Bahn zurückgelegt hat. In dieser Lage des Mondes, die man die erste Quadratur oder das erste Viertel nennt, ist von der beleuchteten sowohl, als auch von der dunklen Seite des Mondes genau die Hälfte gegen die Erde gekehrt, und die letzte sieht ihn daher als eine halbe, kreisförmige Scheibe. Die frühere Sichel ist seit dem Neumonde immer breiter geworden, indem sich ihre innere Höhlung allmählig mit Licht ausfüllte, bis endlich hier ihre innere Krümmung zu einer geraden Linie, zu einem Durchmesser des Mondes wird, der übrigens noch immer, so wie jene Krümmung, auf der linken, von der Sonne abgewendeten Seite steht. Da der Mond hier genau um 90 Grade von der Sonne, auf der Ostseite derselben, absteht, so wird er, in seinem ersten Viertel, sechs Stun-

den nach der Sonne, oder nahe um Mittag, auf- und um Mitternacht untergehen, also auch die ersten Stunden der Nacht beleuchten, nach Mitternacht aber unter dem Horizonte oder unsichtbar seyn.

Nach weitern 7²/₅ Tagen seit dem ersten Viertel ist der Mond in C. Hier ist seine zur Sonne gewendete oder beleuchtete Seite auch zugleich ganz der Erde zugewendet, und die Erde sieht ihn daher hier, im Vollmonde, als eine ganze, kreisrunde, beleuchtete Scheibe. Da er jetzt der Sonne gerade gegenüber oder mit ihr in Opposition steht, so wird er aufgehen, wenn die Sonne untergeht, und untergehen, wenn die Sonne aufgeht. Man wird ihn also nun die ganze Nacht durch sehen.

Indem er sich von da noch weiter gegen die linke Seite des Beobachters bewegt, wird er ihm auch allmählig einen immer größern Theil seiner dunklen Hälfte, und zwar jetzt auf der rechten oder von der Sonne wieder abgekehrten Seite des Mondes, zuwenden, und diese Verdunklung wird immer zunehmen, bis sie endlich in D die ganze rechte Hälfte desselben einnehmen wird. Der Mond wird uns nun, in der zweyten Quadratur oder im letzten Viertel, ganz so wie in B, zur Zeit des ersten Viertels, erscheinen, nur mit dem Unterschiede, daß die lichte Hälfte hier links steht, da sie dort rechts gewendet war. Da übrigens der Mond hier wieder 90 Grade oder 6 Stunden von der Sonne, aber auf der Westseite derselben, absteht, so wird er auch 6 Stunden vor der Sonne, d. h. um Mitternacht auf- und um Mittag untergehen. Nach dem Vollmonde werden also die ersten Stunden der Nacht ohne Mondschein seyn, so wie vor dem Vollmonde diese ersten Stunden beleuchtet waren. Nach dem Neumonde sehen wir daher den Mond immer länger in den Abendstunden, am westlichen Himmel, nach dem Vollmonde aber sehen wir ihn immer länger in den nächtlichen Morgenstunden auf der Ostseite des Himmels.

Indem nun der Mond auch von diesem Punkte D seiner Bahn noch weiter gen Ost fortgeht, wird die dunkle Seite am westlichen Rande immer größer, und die beleuchtete linke Seite desselben nimmt wieder die Gestalt einer immer schmälern Sichel an, deren innere Höhlung aber jetzt rechts oder westlich gewendet

ist, und die Form eines aufrechtstehenden C hat. Je mehr sich der Mond auf der Westseite der Sonne derselben krümmt, desto mehr nimmt die Breite dieser lichten Sichel ab, bis sie, wenn er der Sonne sehr nahe kömmt, nur mehr als ein feiner Silberfaden erscheint, und endlich, wenn der Mond wieder bey der Sonne in A ist, ganz verschwindet. Der Mond ist nun wieder im Neumonde, oder unsichtbar, und beginnt eine zweyte Periode seiner Lichtgestalten, die er in derselben Ordnung, wie die vorhergehende, durchläuft.

Es wird nicht nothwendig seyn, zu bemerken, daß diese Phasen des Mondes und die gegebene, den Beobachtungen vollkommen genügende Erklärung derselben, zugleich der beste Beweis für die oben aufgestellte Voraussetzung ist, daß der Mond die Gestalt einer Kugel haben und sein Licht bloß von der Sonne erhalten müsse. Da wir dieselben Phasen auch bey Merkur und Venus bemerken, so wird jener Schluß auch auf diese Himmelskörper anwendbar seyn. Selbst bey Mars sieht man noch ähnliche, obschon viel geringere Veränderungen der Gestalt, indem er, nach seinen verschiedenen Stellungen gegen die Sonne, an der östlichen oder westlichen Seite stark abgeplattet erscheint. Die übrigen Planeten aber sind alle zu weit von uns entfernt, daher sie immer schon mehr dieselbe Seite, welche sie zur Sonne wenden, auch der Erde zukehren, und wir also auch an ihnen keine Lichtphasen mehr bemerken.

§. 164. (Aehnliche Erscheinungen der Erde für den Mond.) Da aber die Erde ebenfalls eine dunkle Kugel ist, welche ihr Licht von der Sonne erhält, so muß die Erde den Bewohnern des Mondes, wenn es solche gibt, ähnliche Lichtveränderungen zeigen, ja diese müssen dort noch viel auffallender erscheinen, da die Oberfläche der Erde über dreyzehnmal größer ist, als die des Mondes.

Wenn nämlich der Mond zur Zeit des Neumonds in A und uns unsichtbar ist, so erscheint ihm im Gegentheile die Erde in ihrem ganzen Lichte als eine vollbeleuchtete Scheibe, da hier die von der Sonne beschienene Hälfte der Erde zugleich ganz dem Monde zugekehrt ist. Die Mondsbewohner in dem der Erde nächsten Punkte des Mondes, die eben Mitternacht haben, sehen

also die Erde ganz beleuchtet, während ihre der Sonne zugewendeten Antipoden eben Mittag haben. Im Vollmonde aber, wenn der Mond in C ist, wendet die Erde ihre dunkle Seite dem Monde zu, und die Bewohner des Mondes, die der Erde zunächst stehen und eben Mittag haben, sehen die Erde nicht, weil sie für sie nicht beleuchtet ist, so wie die Antipoden derselben sie auch nicht sehen, weil sie hinter dem Monde steht, und daher für sie durch den Mond selbst verdeckt wird. Die Mondsbewohner sehen also die Erde im Vollichte, wenn wir Neumond haben, und im Neulichte, wenn wir Vollmond haben, und eben so sehen sie die Erde im ersten oder letzten Viertel, wenn wir den Mond im letzten oder ersten Viertel sehen. Ist nämlich der Mond zur Zeit seines ersten Viertels in B, so sehen seine Bewohner von der Erde eben so die linke oder östliche Hälfte beleuchtet, wie wir den Mond zur Zeit des letzten Viertels sehen, und umgekehrt.

§. 165. (Aschgraues Licht des Mondes.) Kurz vor und nach dem Neumonde, wo der Mond, wie oben gesagt, nur als eine feine Sichel erscheint, bemerkt man mit guten Augen, und noch besser durch Fernröhre, auch den übrigen, dunkeln Theil des Mondes in einem schwachen Lichte schimmern, das immer schwächer wird, je näher der Mond an seine Quadraturen kömmt. Man nennt dieses Licht das aschgraue Licht (lumière cendrée) des Mondes. Man hat die Ursache desselben lange gesucht, bis sie endlich Möstlin, der Lehrer Kepler's, entdeckte. Zur Zeit des Neumonds nämlich, wenn die uns zugekehrte Seite des Mondes in A ganz im Schatten seiner Nacht liegt, und daher für uns unsichtbar seyn sollte, zu dieser Zeit ist zugleich die von der Sonne beleuchtete Hälfte der Erde, nach §. 164, völlig gegen jene dunkle Seite des Mondes gekehrt, und da, wie bereits erwähnt, die Erde den Mond an Oberfläche nahe dreyzehnmal übertrifft, so wirft diese große und durchaus beleuchtete Scheibe der Erde eine so bedeutende Masse Lichts auf die dunkle Seite des Mondes, daß uns die letzte dadurch wieder sichtbar seyn muß. Dieses den Mond beleuchtende Erdenlicht erhalten wir demnach von ihm, wie man zu sagen pflegt, aus der dritten Hand, da es, ursprünglich aus der Sonne kommend, die Erde

trifft, von dieser auf den Mond reflectirt und endlich von dem Monde wieder auf die Erde zurückgeworfen wird, und uns so die dunkle Seite des Mondes sichtbar macht.

§. 166. (Tägliche Bewegung oder Rotation des Mondes.) Die oben (§. 162) angegebenen Revolutionen des Mondes um die Erde, welche wir auch Mondsmonate heißen, könnte man, analog mit der Erde, auch die jährliche Bewegung des Mondes nennen. Außer ihr bemerkt man aber auch an dem Monde eine Rotation um seine eigene Axe, die man dann, wie dort bey der Erde, die tägliche Bewegung des Mondes heißen könnte.

Bey der Erde ist die jährliche Bewegung von der täglichen sehr verschieden, da jene mehr als 365 mal länger dauert, als diese. Nicht so ist es bey dem Monde, wo beide Bewegungen, die jährliche um die Erde, und die tägliche um sich selbst, vollkommen gleich sind.

Wenn man nämlich die, bekanntlich mit mehreren Flecken bedeckte, Oberfläche des Mondes etwas genauer betrachtet, so findet man, daß sie immer dieselbe Stelle der Mondsscheibe einnehmen, und daß z. B. diejenigen Flecken, welche man in dem Mittelpunkte dieser Scheibe, oder an dem östlichen Rande desselben, sieht, diesen Mittelpunkt oder diesen Rand nie verlassen, mit anderen Worten, daß uns der Mond immer dieselbe Seite zuwendet. In der That hat auch noch kein Menschenauge die andere Seite des Mondes gesehen, die von der Erde abgewendet ist, und ewig von ihr abgewendet bleiben wird, gleichsam als wenn die feste Masse des Mondes durch eine Stange, die durch den Mittelpunkt der Erde und des Mondes geht, mit uns unveränderlich verbunden wäre, und an dieser Stange in jedem Monate um uns herum geführt würde.

Diese Sonderbarkeit in der Bewegung des Mondes, die wir auch bey den Monden aller übrigen Planeten wieder finden werden, hat zu einem langen und heftigen Streite unter den Gelehrten Anlaß gegeben. Newton war es, der jene Erscheinung zuerst durch folgende Worte ausdrückte: „Der Mond zeigt uns „immer dieselbe Seite, also dreht er sich um seine Axe.“ Andere Astronomen wollten daraus gerade das Gegentheil schließen,

daß er sich nämlich nicht um seine Axe drehe, eben weil er uns immer dieselbe Seite zuwendet.

Ohne uns hier bei der Geschichte jener Discussionen länger aufzuhalten, wollen wir nur bemerken, daß die Sache in letzter Instanz sich mit einem Wortstreite endet, und daß man, je nachdem man das Wort Drehen in dem einen oder dem andern Sinne nimmt, eben so gut sagen kann, der Mond drehe sich, als er drehe sich nicht. Etwa so, wie man von dem Tische, auf dem man schreibt, ganz mit demselben Rechte sagen kann, er habe eine, und er habe keine Bewegung. Er hat keine, weil er seinen Ort gegen die nächsten Umgebungen, gegen die Wände des Zimmers, nicht ändert; und er hat eine, weil er auf der Erde ist, die, wie Jeder weiß, sich um die Sonne und um sich selbst bewegt, und mit der sich daher auch der Tisch bewegen muß.

Das Mißverständniß bei dem Monde kam daher, weil wir denselben aus der Erde, aus dem eigentlichen Mittelpunkte seiner Bewegung, betrachten. Denken wir uns aber ein Auge außer der Mondsbahn, z. B. in der Sonne S (Fig. 26), so wird dasselbe zur Zeit unseres Neumonds in A die uns immer verborgene Seite, zur Zeit des Vollmonds in C aber, zugleich mit uns, die uns immer sichtbare Seite des Mondes sehen, und für einen solchen Beobachter in der Sonne würde es daher keinem weitern Zweifel unterliegen, daß der Mond sich in der That, und zwar in derselben Zeit um seine Axe dreht, in welcher er um die Erde geht, oder daß die Rotation desselben seiner Revolution, sein Jahr seinem Tage gleich ist.

§. 167. (Jahreszeiten des Mondes.) Die Jahreszeiten der Erde hängen, wie wir im siebenten Capitel gesehen haben, von dem Winkel, welchen der Aequator der Erde mit der Ebene ihrer Bahn um die Sonne macht, oder von der Schiefe der Ecliptik ab. Je kleiner dieser Winkel ist, desto weniger sind die Jahreszeiten von einander verschieden, und wenn diese beiden Ebenen ganz zusammenfallen, so würde ein immerwährender Frühling auf der ganzen Erde herrschen.

Nun ist die Bahn des Mondes, die er um die Erde beschreibt, gegen den Aequator dieses Satelliten nur um den kleinen

Winkel von 6,₆ Graden geneigt. Zwischen beiden liegt die Ebene der Erdbahn oder der Ecliptik in der Mitte, so daß sie mit der Mondsbahn einen Winkel von 5°,₁, und mit dem Mondsäquator einen Winkel von 1°,₅ bildet. Da aber die Durchschnittslinie der Mondsbahn mit der Ecliptik, oder die Knotenlinie derselben, sehr veränderlich ist, und in 19 Jahren ihren ganzen Umkreis um die Erde vollendet, so wird dieselbe Hälfte der Bahn 9½ Jahre über, und 9½ Jahre unter der Ecliptik liegen, so daß man, der Wahrheit gemäßer, sagen kann, daß die Mondsbahn mit der Ecliptik ganz zusammenfalle, und daher mit dem Mondsäquator nur den sehr kleinen Winkel von 1°,₅ bilde. Aus dieser Ursache gibt es daher auf dem Monde beynahe gar keinen Unterschied der Jahreszeiten, und die Temperatur, so wie die Länge der Tage und Nächte, ist auf diesem Himmelskörper beynahe immer dieselbe.

§. 168. (Tageszeiten des Mondes.) Wenn wir, dem gewöhnlichen Sprachgebrauche gemäß, durch das Wort Tag die Zeit zwischen zwei nächsten Aufgängen der Sonne bezeichnen, so sind die Tage auf dem Monde unvergleichbar länger, als die auf der Erde. Der Mondstag ist nämlich die Zeit, von einem Neumonde zum andern, also 29½ unserem Tage gleich. Die Bewohner des Monds sehen also die Sonne durch 14¾ unserer Tage über, und eben so lange unter dem Horizonte, oder ihr Tag, im engeren Sinne des Wortes, dauert 14¾ mal unserer 24 Stunden, und eben so lange ist auch, nach §. 167, ihre Nacht. Die vier vorzüglichsten Phasen der Erde, von denen wir §. 164 gesprochen haben, werden den Bewohnern des Mondes gleichsam zu einer Himmelsuhr dienen, an welcher sie ihre langen Tage abmessen können, da ihnen die Erde im letzten Viertel, im Neulichte, im ersten Viertel und im Vollichte erscheinen wird, wenn sie in derselben Ordnung Morgen, Mittag, Abend und Mitternacht haben. Allein diese Uhr ist nur für diejenigen Bewohner des Mondes da, welche die vordere oder uns zugekehrte Seite desselben einnehmen. Die andere Hälfte sieht unsere Erde eben so wenig, als sie selbst von uns gesehen werden kann, und jene kennen die Existenz dieses großen und schönen Gestirns nur vom Hörensagen ihrer Nachbarn.

§. 169. (Messung der Entfernung des Monds und der Sonne.) Um die Distanz des Monds von der Erde zu messen, kann man die oben bei Gelegenheit der Parallaxe erwähnten Methoden auf ihn anwenden. Allein seine in §. 163 erklärten Phasen geben uns zugleich ein sehr einfaches Mittel, die Distanz der Sonne zu zu finden, ein Mittel, das selbst den Alten schon bekannt war. Zur Zeit seines ersten oder letzten Viertels sieht man nämlich, wie oben gesagt wurde, genau die Hälfte des Mondes beleuchtet. Man erkennt diesen Augenblick daran, daß die Lichtgränze, welche den dunkeln Theil des Randes von dem hellen trennt, und die sonst immer eine krumme Linie ist, jetzt zu einer Graden, zu einem Durchmesser des Mondes wird. In diesem Momente ist die Linie, welche die Mittelpunkte der Erde und des Mondes verbindet, senkrecht auf die den Mond mit der Sonne verbindende Linie. In dem Dreiecke also, welches diese drei Himmelskörper verbindet, ist der Winkel an dem Monde gleich 90 Graden, der Winkel an der Erde aber wird durch unmittelbare Beobachtung der scheinbaren Distanz der Sonne von dem Monde gegeben. Man kann daher in diesem Dreiecke das Verhältniß der wahren Distanz der Sonne und des Monds von der Erde bestimmen, und da man die Distanz des Monds schon aus andern Beobachtungen kennt, so wird man dadurch auch die Distanz der Sonne von der Erde erhalten. Es ist allerdings sehr schwer, den Augenblick genau aufzufassen, in welchem jene Lichtgränze eine gerade Linie wird, und von dieser Bestimmung hängt die Sicherheit des Verfahrens ab. Demungeachtet verdankt man doch dieser einfachen Methode die ersten Kenntnisse, die wir von der ungemeinen Größe und Entfernung der Sonne erhalten haben.

§. 170. (Bewegung der Knoten und der Absiden der Mondsbahn.) Wir haben bereits oben gesagt, daß die Durchschnittslinie der Mondsbahn mit der Ecliptik oder die sogenannte Knotenlinie der Mondsbahn ihren Ort am Himmel sehr schnell ändert. Nach den neuesten Bestimmungen nimmt die Länge des Mondsknotens, in Beziehung auf die Fixsterne, in 365 Tagen um $19^{\circ},_{3426}$ ab, oder diese Knoten gehen in jedem gemeinen Jahre um diesen Winkel **rückwärts** in der Ecliptik. Daraus folgt die siderische Revolution der Knoten $6793,_{28587}$, und die tropische $6798,_{17704}$

Tage. Berechnet man daraus die Revolution des Monds selbst in Beziehung auf diese Knoten, so findet man sie gleich $27,_{21214}$ Tage oder in dieser Zeit vollendet der Mond zwei nächste Durchgänge durch denselben Knoten. Man nennt diese Zeit in der Kalendersprache den Drachenmonat.

Einer ähnlichen Bewegung sind auch die Absiden der Mondsbahn unterworfen, oder die Endpunkte der großen Axe derselben, die man analog mit §. 137 das Perigeum und Apogeum der Mondsbahn nennt. Sie gehen nämlich beide während einem gemeinen Jahre von 365 Tagen in Beziehung auf die Fixsterne, durch einen Bogen von $40^{0},_{6488}$ vorwärts, woraus wieder folgt, daß die siderische Revolution der Absiden $3232,_{56755}$, die tropische aber $3231,_{46119}$ Tage, und daß endlich die Revolution des Monds selbst in Beziehung auf diese Absiden, d. h. daß die anomalistische Revolution des Monds $27,_{55490}$ Tage beträgt.

§. 171. (Säculäre Aenderung der mittleren Bewegung des Mondes.) Der Theorie und den Beobachtungen zu Folge ist die siderische Revolution aller Planeten (§. 140) eine unveränderliche Größe, die in den ältesten Zeiten ganz eben so groß, wie in den neuesten, gefunden wurde (§. 125). Da aber diese Revolutionen unmittelbar durch das dritte Gesetz Keplers (§. 146) von den großen Axen der Planetenbahnen abhängen, so muß man also auch diese Axen als constante, und für alle Zeiten unveränderliche Größen betrachten. Es ist sehr merkwürdig, daß diese Größen am Himmel die einzigen sind, die keiner Veränderung unterworfen sind, während alles andere in immerwährender Bewegung ist, und während selbst die Gränzpunkte und Normalebenen, auf die wir alles beziehen, der Frühlingspunkt, der Aequator, die Ecliptik u. s. w. ihren Stand am Himmel beständig wechseln. Wir werden weiter unten auf diesen sehr interessanten Gegenstand wieder zurückkommen, und bemerken hier nur, daß der Mond von jenem allgemeinen Gesetze eine Ausnahme zu machen scheint. Wenn man die ältesten Beobachtungen desselben mit den neueren vergleicht, so findet man, daß die siderische Revolution desselben immer kleiner, daß also die mittlere Bewegung desselben (§. 140) immer schneller wird. Eine unmittelbare Folge dieser sonderbaren Erscheinung, verbunden mit dem dritten Gesetze Keplers,

würde die immerwährende Verkleinerung der großen Axe der Mondsbahn, also eine stätige Annäherung des Mondes zur Erde und endlich, in der Folge der Zeiten, ein Zusammentreffen dieser beiden Gestirne seyn.

Den Astronomen war die Ursache dieses Phänomens, welches gleichsam von der Natur eine Ausnahme macht, und für uns mit der Zeit von den wichtigsten Folgen seyn muß, lange verborgen. Endlich fanden sie, daß diese Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes, und eine ihr analoge Verzögerung der mittleren Bewegung des Knotens und der Absiden der Mondsbahn, ihren Grund in der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn habe. Nach der Theorie hatte diese Excentricität der Erdbahn in dem Jahre 11400 vor unserer Zeitrechnung den größten Werth von $0,_{01965}$, und sie nimmt seit jener Epoche durch 36900 Jahre immer ab, bis sie in dem Jahre 25500 nach Ch. G. ihren kleinsten Werth $0,_{0039}$ erreichen, und dann wieder allmählig zunehmen wird. (Vergl. §. 150.) In dieselbe große Periode von 36900 Jahren sind also auch jene drei Veränderungen des Monds und seiner Bahn eingeschlossen. Man darf daher nicht besorgen, daß der Mond in der Folge der Zeiten auf die Erde stürzen, und sich mit ihr vereinigen werde. Zwar nähert er sich ihr schon seit langer Zeit, und wird sich ihr noch ferner nähern, aber nur bis zu einer bestimmten Gränze, von welcher an er wieder von der Erde sich allmählig entfernen wird.

§. 172. (Beleuchtung der Erde ist nicht der Zweck des Mondes.) Man glaubt gewöhnlich, daß der Mond nur der Erde und der Beleuchtung ihrer Nächte wegen da sey. Allein wenn die Natur diesen Zweck gehabt hätte, so würde sie ihn nur sehr unvollkommen erreicht haben, da beinahe die Hälfte der Nächte eines jeden Monats ohne Mondlicht ist. Hätte sie diese Absicht gehabt, so würde sie dieselbe sehr leicht erreicht haben, wenn der Mond im Augenblicke seiner Entstehung im Vollmonde oder der Sonne gegenüber, und zwar in einer Entfernung von der Erde gestanden wäre, die nahe den hundertsten Theil der Entfernung der Erde von der Sonne betragen hätte, und wenn damals die Geschwindigkeit des Mondes ebenfalls der hundertste Theil der Geschwindigkeit der Sonne gewesen wäre. Denn dann würde der Mond der Sonne

immer gerade gegenüber gestanden, oder immer im Vollmonde geblieben seyn, und selbst die Finsternisse, die uns jetzt zuweilen seinen Anblick rauben, würden in dieser Entfernung nicht mehr statt gehabt haben. Damit er aber, in einer beinahe viermahl größern Distanz auch eben so viel Licht im Vollmonde, als jetzt, auf die Erde reflectiren könne, hätte seine Oberfläche auch eben so vielmahl vergrößert werden müssen. Da jedoch der große Urheber der Natur dieses einfache Mittel, welches allein zu jenem Zwecke führt, nicht gewählt hat, so müssen wir voraussetzen, daß er auch diesen Zweck nicht erreichen wollte, und daß es daher seine Absicht nicht gewesen seyn kann, den Mond bloß für uns hinzustellen, um ihn zum Fackelträger oder zum Diener der Erde zu machen.

§. 173. (Verwickelte Bewegungen des Monds.) Wenn man die oben (§. 141) erklärten elliptischen Bewegungen der Planeten auf die Beobachtungen des Mondes anwendet, so sieht man bald, daß sie allein nicht hinreichen, den Ort dieses Satelliten am Himmel für jede Zeit zu bestimmen. Man bemerkt nämlich, daß die Bewegung des Mondes sehr unregelmäßig, und großen Ungleichheiten unterworfen ist, die sich aber beinahe alle auf den Stand desselben gegen die Sonne beziehen.

Die größte dieser Ungleichheiten, und zugleich die erste, die man in den Beobachtungen des Monds erkannt hat, ist die sogenannte Evection. Sie ist gleich dem Winkel $1^{\circ},_{342}$ multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Monds von der Sonne, weniger der Winkeldistanz des Monds von seinem Perigeum. Zur Zeit der Syzygien vermischt sich die Evection mit der Gleichung der Bahn (§. 141), daher die alten Griechen, welche den Mond nur in seinen Syzygien, wo allein die Finsternisse sich ereignen, beobachtete, diese Gleichung der Bahn des Mondes um die ganze Evection zu klein gefunden haben.

Eine andere Ungleichheit ist die Variation, die gleich $0,^{\circ}{}_{595}$ multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Monds von der Sonne. Diese Ungleichheit verschwindet daher in den Syzygien sowohl, als auch in den beiden Quadraturen, und sie hat ihren größten Werth zwischen den Syzygien und Quadraturen oder in den sogenannten Octanten des Mondes.

Die jährliche Gleichung endlich ist gleich $0^{\circ},_{187}$ multiplicirt in den Sinus der mittleren Anomalie (§. 140) der Sonne, und durch sie wird die Bewegung des Mondes beschleuniget, wenn die der Sonne, zur Zeit unseres Sommers, verzögert wird und umgekehrt.

Außer den erwähnten drei Ungleichheiten gibt es aber noch eine große Anzahl kleinerer, welchen die Bewegung des Monds unterworfen ist, und die alle ihren Grund in den Störungen haben, welche die Sonne auf den um die Erde sich bewegenden Mond ausübt. Ihre Entdeckung und die Bestimmung ihrer wahren Größe ist das Resultat der Vervollkommnung, zu welcher die mathematische Analyse, und die Beobachtungskunst in den neueren Zeiten gebracht worden ist.

§. 174. (Mondsfinsternisse.) Da die Erde eine an sich dunkle Kugel ist, welche ihr Licht nur von der Sonne erhält, so wird sie, wenn sie von der Sonne beschienen wird, einen Schatten hinter sich werfen. Dieser Schatten hat die Gestalt eines Kegels, dessen Basis den Umfang der Erde und dessen Länge nahe $3^1/_2$mal größer als die Entfernung des Monds von der Erde ist. Die ganze Breite dieses Kegels in dem Orte, wo er von der Mondsbahn geschnitten wird, beträgt nahe $2^2/_3$ Durchmesser des Mondes.

Wenn also die Bahn des Mondes mit der Ecliptik zusammen fiele, so müßte der Mond jedesmahl zur Zeit seines vollen Lichtes, wo er der Sonne gerade gegenüber steht, in den Schattenkegel der Erde treten, und uns daher jeden Monat das Schauspiel einer Mondsfinsterniß geben. Da aber jene beiden Ebenen, nach §. 167, den Winkel von $5^{\circ},_{1}$ mit einander bilden, so geht der Mond meistens über oder unter diesem Schattenkegel weg, ohne ihn zu berühren. Er kann daher nur dann verfinstert werden, wenn er zur Zeit des Vollmondes zugleich nahe bei seinem Knoten ist, und dieß ist nahe 29 mal in 18 Jahren der Fall. Wenn sich die ganze Scheibe des Mondes in den Schatten der Erde senkt, so heißt die Finsterniß total, und im Gegentheile partial, wenn nur ein Theil derselben verfinstert wird. Man gibt die Größe der Verfinsterung gewöhnlich in Zollen an, deren zwölf auf den Durchmesser des Mondes gehen. Die längste Dauer einer partialen Finsterniß kann nicht über 2 St. 18 M.,

und die einer totalen nicht über 4 St. 38 M. währen. Die nächsten bei uns sichtbaren Mondsfinsternisse, die wir erwarten, werden statt haben:

1835 am 10. Junius.
1836 — 1. Mai und 24. Oktober.
1837 — 20. April und 13. Oktober.
1838 — 10. April und 3. Oktober.
1840 — 17. Februar und 13. August.
1841 — 6. Februar und 2. August.
1842 — 26. Januar und 22. Julius.

§. 175. (Sonnenfinsternisse.) Oft sieht man den Schatten einer Wolke, wenn sie von den Winden getrieben wird, über die Erde ziehen, und wenn der Schatten den Zuschauer erreicht, ihm den Anblick der Sonne rauben, während andere, außer dieser Schattengränze, noch von ihr beschienen werden. Dieß ist ein treues Bild einer andern Erscheinung, die der Mond öfter zur Zeit seines Neulichtes darbietet. Dann steht er nämlich in derselben Gegend des Himmels, wie die Sonne, und wenn ihn seine Bahn nahe genug bei der Sonne vorüberführt, so wird er auch allen denjenigen, die sich in der geraden Linie, die durch Sonne und Mond geht, befinden, den Anblick der Sonne entziehen, oder eine Sonnenfinsterniß verursachen.

Geht daher der Mond zur Zeit seines Neulichtes für uns mitten durch die Sonne, so wird er, wenn sein scheinbarer Halbmesser größer ist, als jener der Sonne, die ganze Sonne bedecken, oder die Finsterniß wird total seyn. Im Gegentheile wird er die Sonne nicht ganz bedecken, sondern noch rings um sich einen hellen Rand der Sonne frei lassen, oder die Finsterniß wird ringförmig seyn. Geht endlich, wie es meistens geschieht, der Mond nicht mitten durch die Sonne, so wird er uns nur einen Seitentheil derselben bedecken, oder die Finsterniß wird partial seyn.

Bei einer Mondsfinsterniß sehen alle Bewohner der Erde, die nur überhaupt noch den Mond sehen, die Finsterniß in demselben Augenblicke, und auch von derselben Größe, weil hier der Mond, durch den Erdschatten, seines Lichtes in der That beraubt wird. Bei einer Sonnenfinsterniß aber wird das Licht der Sonne durch

den Mond nur verstellt, und zwar nur für diejenigen verstellt, welche sich in der Richtung der durch Sonne und Mond gehenden Linie befinden, während die außer jener Richtung liegenden Bewohner der Erde, wie dort bei der Wolke, diese Finsterniß entweder gar nicht, oder doch eine andere Größe derselben sehen. Man sieht daraus, daß die Berechnung einer Sonnenfinsterniß mehr Schwierigkeiten darbietet, als die einer Mondsfinsterniß, weil dort auch auf den Stand des Beobachters Rücksicht genommen werden muß, die hier ganz wegfällt. Doch hat man die Regeln, welche man bei der Berechnung beider Arten von Finsternissen zu beobachten hat, auf so einfache Ausdrücke zurückgebracht, daß sie von jedem nur mit einiger Kenntniß des Gegenstandes versehenen Anfänger ohne Mühe ausgeführt werden können.

Uebrigens sind die Sonnenfinsternisse für die ganze Erde im allgemeinen viel häufiger, als die des Mondes, da in 18 Jahren nahe 40 derselben statt haben; für einen bestimmten Ort der Erde aber, z. B. für Paris oder Wien sind die daselbst sichtbaren Sonnenfinsternisse beinahe dreimal seltener, als die Mondsfinsternisse, so daß im Durchschnitte jeder Ort nur alle zwei Jahre eine Sonnenfinsterniß, und erst in 200 Jahren eine totale zu erwarten hat.

Die nächsten in Europa sichtbaren größeren Sonnenfinsternisse sind:

1836 am 15. Mai.
1837 — 4. Mai.
1839 — 15. März.
1841 — 21. Februar und 18. Julius.
1842 — 8. Julius.

Die älteste Nachricht von Finsternissen, die auf uns gekommen ist, ist die von dem Jahre 2550 vor Ch. G. welche wie die heiligen Bücher der Chinesen erzählen, die Astronomen Ho und Hi falsch berechneten, und dafür mit dem Tode bestraft wurden. Die älteste eigentliche Beobachtung von Finsternissen hat uns Ptolemäus in seinem Almagest erhalten. Sie bestehen in zwei Mondsfinsternissen, welche die Chaldäer zu Babylon i. J. 719 und 720 vor Ch. beobachtet haben.

§. 176. (Satelliten Jupiters.) Um den Planeten Jupiter bewegen sich vier Monde, die gleich nach der Erfindung der Fern-

röhre von Galilei im Jahre 1610 entdeckt worden sind. Obgleich man sie erst seit 200 Jahren mit Genauigkeit beobachtet, so haben sie uns doch, durch die Schnelligkeit ihrer Revolutionen, bereits alle die Veränderungen kennen lassen, welche sich in unserem Planetensysteme erst in einer Reihe von vielen Jahrtausenden entwickeln werden.

Folgende Tafel zeigt ihre Umlaufszeiten und Entfernungen von dem Mittelpunkte Jupiters, und die wahren Halbmesser desselben.

	Umlaufszeiten in Tagen			Entfernungen		Halbmesser
	siderische	tropische	synodische	in Theilen des Jupitersäquators	in geogr. Meilen.	in geogr. Meilen
I.	1,76914	1,76914	1,76987	5,818	54980	286
II.	3,55118	3,55118	3,55409	9,256	87470	230
III.	7,15455	7,15455	7,16638	14,765	139530	400
IV.	16,68902	16,68899	16,75355	25,969	245400	290

Diese Tafel zeigt, daß auch diese Satelliten das dritte Gesetz Keplers (§. 146) beobachten.

Oft sieht man diese Monde plötzlich verschwinden, und nach einigen Stunden weiter östlich wieder erscheinen. Man erkannte bald, daß diese Mondsfinsternisse durch den Schatten ihres Hauptplaneten hervorgebracht werden, und daß daher beide Himmelskörper an sich dunkel sind, und ihr Licht nur von der Sonne erhalten. Mit guten Fernröhren sieht man diese Satelliten auch oft an der östlichen Scheibe Jupiters in dieselbe eintreten, und auf derselben gegen den westlichen Rand fortrücken, wo ihnen nahe eben so große dunkle Flecken folgen, die denselben Weg, wie jene, und mit derselben Geschwindigkeit zurücklegen, also die Schatten der Satelliten sind, welche sie auf ihren Hauptplaneten werfen. Diese Erscheinungen sind daher wahre Sonnenfinsternisse, welche diese Monde auf der Oberfläche Jupiters veranlassen.

§. 177. (Merkwürdige Verhältnisse zwischen diesen Satelliten.) Vergleicht man die mittleren Längen der drei dem Jupiter nächsten Satelliten, so findet man, daß für jede gegebene Epoche die Länge des ersten oder nächsten sammt der doppelten Länge des zweiten, weniger der dreifachen Länge des dritten immer gleich 180 Graden ist. Eben so ist die mittlere siderische Bewegung des ersten für irgend einen Zeitraum sammt der doppelten des zweiten immer gleich der dreifachen Bewegung des dritten während derselben Zeit. Daraus folgt, daß diese drei Satelliten nie alle zugleich verfinstert werden können.

Die Neigungen der Bahnen dieser Satelliten gegen den Aequator Jupiters sind sämmtlich sehr gering. Ohne Zweifel sind sie ebenfalls Ellipsen, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt ihres Hauptplaneten liegt. Aber sie sind sämmtlich zu weit von uns entfernt, um die Excentricität ihrer Bahnen beobachten zu können, die zwei äußersten ausgenommen, bei denen man sie in der That schon bemerkt hat.

§. 178. (Anwendung derselben zu andern astronomischen Untersuchungen.) Es ist bereits oben bemerkt worden (§. 77), daß die Beobachtung der Finsternisse dieser Monde uns die Geschwindigkeit des Lichts kennen gelehrt hat.

Eben so geben uns auch dieselben Finsternisse wenigstens eine erste genäherte Kenntniß der Entfernung Jupiters von der Sonne. Denn zur Zeit der Mitte einer jeden dieser Finsternisse ist der Satellit, aus dem Mittelpunkte Jupiters gesehen, sehr nahe in Opposition mit der Sonne, oder seine von Jupiter gesehene Länge ist gleich der heliocentrischen Länge Jupiters, die uns durch die Tafeln (§. 144) dieses Planeten gegeben ist. Eben so geben uns aber auch die Sonnentafeln die heliocentrische Länge der Erde für dieselbe Zeit. Man kennt daher in dem Dreiecke zwischen Sonne, Erde und Jupiter den Winkel an der Sonne, der gleich der Differenz jener beiden heliocentrischen Längen ist, und überdieß, durch unmittelbare Beobachtung, auch den Winkel an der Erde, also kennt man auch die Entfernungen Jupiters von der Sonne in Theilen der Entfernung der Erde von der Sonne.

§. 179. (Bestimmung der geographischen Länge.) Endlich kann man diese Finsternisse auch sehr bequem zu den Bestimmungen der geographischen Länge der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde anwenden. Da sie nämlich, so wie unsere Mondsfinsternisse (§. 175), wahrhafte Beraubungen des Lichts sind, welches diese Satelliten von der Sonne erhalten, und welches sie, wenn sie in den Schatten ihres Hauptplaneten treten, verlieren, so muß der Anfang oder das Ende dieser Finsternisse an allen Orten der Erde in einem und demselben Augenblicke gesehen werden. Drückt daher jeder Beobachter derselben diesen Anfang der Finsterniß in der Zeit seines Ortes aus, so darf man nur diese Ortszeiten zweier Beobachter von einander subtrahiren, um sofort auch die Differenz der Längen beider Beobachter zu erhalten. Hätte man z. B. eine solche Finsterniß zu Paris um 8h 20′ 40″ und zu Wien um 9h 16′ 50″ beobachtet, so würde die Differenz der Meridianen, d. h. die Differenz der geographischen Längen dieser beiden Orte 0h 56′ 10″ oder 14° 2′ 30″ seyn, um welchen Bogen Wien östlicher als Paris liegt. Dasselbe gilt unverändert auch von den Mondsfinsternissen des Satelliten unserer Erde, aber nicht von den Sonnenfinsternissen (§. 175). Denn diese letzten haben für verschiedene Beobachter zu verschiedenen Zeiten statt, und können daher nicht, wie jene, als tautochrone

Erscheinungen beobachtet werden. Man verfährt bei diesen Sonnenfinsternissen, so wie bei den Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde gewöhnlich so, daß man die Ortszeit jeder Beobachtung durch eine eigene Rechnung auf diejenige Zeit bringt, zu welcher man dieselbe Finsterniß aus dem Mittelpunkte der Erde gesehen haben würde. Diese Rechnung kann, bei der gegenwärtigen Vollkommenheit unserer Mondstafeln, mit großer Sicherheit geführt werden. Diese geocentrischen Beobachtungen aber, in verschiedenen Ortszeiten ausgedrückt, sind offenbar wieder als solche tautochrone Erscheinungen zu betrachten, deren Zeiten man daher nur von einander subtrahiren darf, um sofort die gesuchte Differenz der geographischen Länge jener Beobachtungsorte zu erhalten.

§. 180. (Satelliten Saturns.) Den Saturn umgeben sieben Monde, welche aber, den sechsten ausgenommen, der an Größe den Mars übertrifft, sämmtlich so klein sind, daß sie nur durch gute Fernröhre wahrgenommen werden können, aus welcher Ursache auch die Theorie ihrer Bewegungen noch sehr wenig bekannt ist. Ihre siderischen Umlaufszeiten um diesen Planeten, ihre mittleren Entfernungen von denselben, und endlich die Durchmesser derselben gibt folgende Tafel.

	Siderische Revolution in Tagen	Mittlere Distanz vom Mittelpunkt Jupiters		Durchmesser in deutschen Meilen
		In Secunden	In Halbmessern Saturns	
I.	0,943	28,7	3,35	. .
II.	1,370	26,8	4,30	. .
III.	1,888	43,5	5,28	140
IV.	2,739	56,0	6,82	140
V.	4,517	78,0	9,52	360
VI.	15,945	180,0	22,08	1050
VII.	79,330	522,5	64,58	618

Man bemerkt daher auch bei ihnen die Bewegung nach dem dritten Gesetze Keplers. Die Durchmesser der beiden ersten sind äußerst schwer zu bestimmen, besonders des nächsten an dem Hauptplaneten, der wahrscheinlich der kleinste der uns bekannten Himmelskörper ist. Die Excentricitäten dieser Satellitenbahnen können wegen der zu großen Entfernung derselben, nicht mit Genauigkeit bestimmt werden. Die Neigungen dieser Bahnen aber gegen die Saturnsbahn sind viel beträchtlicher, als bei den Monden Jupiters, daher auch ihre Finsternisse viel seltener sind. Bei dem siebenten oder dem von Saturn entferntesten Monde hat man bemerkt, daß er auf der Ostseite seines Hauptplaneten immer heller erscheint, als bei seiner westlichen Digression. Mit mehr Verläßlichkeit hat man ähnliche Beobachtungen auch an den Satelliten Jupiters angestellt, und daraus geschlossen, daß sich diese Satelliten alle, so wie unser Mond (§. 166) in derselben Zeit um seine Axe drehen, in welchen sie sich um seinen Hauptplaneten bewegen. Diese Gleichheit der Revolution und der Rotation scheint daher ein, allen Satelliten gemeinsames Gesetz zu seyn.

§. 181. (Satelliten des Uranus.) Noch unbekannter sind uns die sechs Satelliten des äußersten unseres Planeten, des Uranus. Nach den Beobachtungen des älteren Herschels sind die siderischen Umlaufszeiten und die Entfernungen derselben von dem Mittelpunkte des Uranus folgende.

	Siderische Umlaufszeiten in Tagen	Mittlere Entfernung in Halbmessern des Uranus
I.	5,89	13,1
II.	8,71	17,0
III.	10,96	19,8
IV.	13,46	22,7
V.	38,07	45,5
VI.	107,69	91,0

Die Bahnen dieser sechs Monde sollen alle auf der Uranusbahn nahe senkrecht stehen. Wenn daher auch hier, wie es bei

Jupiter und Saturn der Fall ist, die Bahnen der Satelliten nahe mit dem Aequator ihrer Hauptplaneten zusammen fallen, so würde die Schiefe der Ecliptik bei Uranus nahe ein rechter Winkel seyn, und daher auf ihn die oben (§. 91) gegebene Bemerkung unmittelbar angewendet werden können.

§. 182. (Ring Saturns.) Wir kehren noch einmal zu diesem Planeten zurück, um einer Eigenthümlichkeit desselben zu erwähnen, die im ganzen gestirnten Himmel, so weit wir denselben kennen, ohne Beispiel ist. Saturn ist nämlich, nebst seinen sieben Monden, noch mit einem doppelten, kreisförmigen, dem Hauptplaneten concentrischen Ringe umgeben, dessen Daseyn zuerst Huygens im Jahre 1655 erkannt hat. Beide Ringe liegen nahe in der Ebene des Aequators dieses Planeten. Die Dimensionen dieser Ringe sind für die mittlere Distanz des Uranus von der Erde nach den neuesten Messungen folgende.

Aeußerer Ring. Aeußerer Halbmesser $A = 20'',_{047}$; innerer Halbmesser $B = 17'',_{644}$.

Innerer Ring. Aeußerer Halbmesser $a = 17''._{237}$; innerer Halbmesser $b = 13'',_{334}$.

Dabei wird der Aequatorialhalbmesser Saturns selbst gleich $r = 8'',_{995}$ vorausgesetzt. Dem gemäß ist daher die Breite des äußeren Rings $A - B = 2'',_{403}$ und die des inneren $a - b = 3'',_{903}$. Die Breite der Spalte zwischen beiden Ringen ist $B - a = 0'',_{408}$, und der Abstand des inneren Randes des kleineren Rings von der Oberfläche Saturs endlich ist $b - r = 4'',_{339}$. Multiplicirt man diese Zahlen durch 951, so erhält man diese Dimensionen in deutsche Meilen ausgedrückt.

Da die Ebene dieses kreisförmigen Ringes gegen die Ecliptik nahe $28^\circ,_{37}$ geneigt ist, so zeigt er sich uns in der Gestalt einer Ellipse. Die große Axe dieser Ellipse erscheint uns unter dem Winkel von $40'',_{2}$, wenn Saturn in seiner mittlern Entfernung von der Erde ist, die kleinere Axe derselben aber ist, nach der Lage der Ringebene gegen die Erdbahn, sehr verschieden. Wenn diese kleine Axe am größten ist, so beträgt sie $19'',_{1}$. Sie kann aber auch für die Bewohner der Erde völlig verschwinden, und dann sehen wir den Saturnsring entweder nur als eine gerade

Linie, oder er wird uns gänzlich unsichtbar. Dieser Fall tritt ein, wenn die erweiterte Ebene des Rings durch die Sonne geht, und daher nur die schmale Kante desselben beschienen wird, oder wenn die Ringebene durch die Erde geht, oder endlich, wenn die von der Sonne beschienene Seitenfläche des Rings von der Erde abgewendet, und nur die dunkle Seite desselben uns zugekehrt ist. Wir werden später auf diese interessanten Gegenstände wieder zurückkommen.

Kapitel XII.

Refraction, Präcession und Nutation.

§. 183. (Höhe und Dichtigkeit der Atmosphäre.) Nachdem wir in dem Vorhergehenden die Erscheinungen des Himmels im Allgemeinen betrachtet haben, gehen wir nun zu einigen anderen zurück, die zwar weniger auffallend und für die ersten Beobachter vielleicht ganz unbemerkbar sind, die aber sowohl an sich, als auch in Beziehung auf jene größeren Erscheinungen und überhaupt auf unsere genauere Kenntniß der himmlischen Bewegungen, zu wichtig sind, als daß sie hier übergangen werden könnten.

Unsere Erde ist bekanntlich ringsum von einem Luftmeere umgeben, an dessen Grunde wir uns aufhalten. Diese Luft scheint sich nicht eben sehr hoch über die Oberfläche der Erde zu erstrecken, da wir auf den Gipfeln hoher Berge und in unsern Aerostaten schon in der Höhe von einer deutschen Meile die Abnahme derselben durch ein deutliches Gefühl bemerken. Genauer aber können wir diese Abnahme durch das bekannte Barometer beobachten. Dieses Instrument ist nämlich nicht, wie man noch jetzt so häufig glaubt, bestimmt, uns die künftige Witterung zu verkündigen, sondern bloß das Gewicht oder den Druck desjenigen Theiles der Luft anzugeben, der noch über diesem Instrumente bis zur höchsten Gränze der Atmosphäre enthalten ist. Je höher das Barometer über der

Oberfläche der Erde steht, desto kürzer ist die noch übrige Luftsäule, die über demselben enthalten ist, desto geringer ist also auch der Druck dieser Säule, selbst wenn sie überall von gleicher Dichte wäre und desto niedriger ist endlich auch der Stand des Quecksilbers in der Glasröhre des Instruments, so daß man daher, durch den Stand des Barometers, den Druck der Luft in jeder Höhe über der Erde, also auch, wenn dieser Druck schon aus anderen Gründen bekannt ist, jene Höhe über der Erde messen kann.

Die Luft hat nämlich, wie alle anderen Körper, eine bestimmte Schwere oder ein bestimmtes Gewicht, mit welchem sie auf die unter ihr liegenden Gegenstände einen Druck ausübt. An der Oberfläche des Meeres hält dieser Druck der Luft einer Quecksilbersäule des Barometers von 28 Par. Zollen das Gleichgewicht, wenn das Thermometer 0 Grad R. zeigt, wodurch man also gleichsam das Maaß dieses Druckes erhält. Unter diesem Drucke und bei dieser Temperatur der Luft verhält sich, wie die physischen Versuche von Biot und Arago zeigen, die specifische Schwere der Luft zu der des Quecksilbers wie 1 zu 10462. Wenn daher die Atmosphäre durchaus dieselbe Dichte hätte, so würde ihre Höhe über der Erde 28mal 10462 Zolle oder 24411 Par. Fuß, d. h. also nahe eine d. Meile betragen und das Quecksilber würde an allen Orten der Atmosphäre gleichviel, z. B. um einen Zoll fallen, wenn man an diesen Orten um dieselbe Größe, z. B. um 1000 Fuß höher steigt. Dann würde man nämlich für die Barometerstände von 27, 26, 25 und 24 Zollen in derselben Ordnung die Höhen der Beobachtungsorte über der Erde 872, 1744, 2615 und 3587 Fuß erhalten. Allein dieß ist den Beobachtungen keineswegs gemäß. Wenn man sich nahe 1050 P. Fuß über das Meer erhebt, so senkt das Barometer auf 27 Zolle herab; in der Höhe von 1970 Fuß über dem Meere zeigt es 26 Zolle, in der Höhe von 2930 Fuß 25 Zolle, in der Höhe von 3930 Fuß 24 Zolle u. s. w. Aus diesen Zahlen folgt, daß die Dichte der Luft nicht in allen ihren Höhen dieselbe seyn kann. Der berühmte Physiker Marrotti hat gefunden, daß diese Dichte der Luft dem Druck derselben, also den Barometerhöhen selbst proportional ist. Nach diesem Gesetze müssen also die unteren, der Erde näheren Schichten dichter seyn, als die oberen, deren Gewicht jene ersten zusammendrückt. Wenn die Temperatur der

Luft durchaus dieselbe wäre, so würde aus diesem Gesetze folgen, daß die Dichte der Luft, also auch die Barometerhöhe in einer sogenannten geometrischen Progression abnimmt, wenn die Differenzen der Höhen über der Erde in einer arithmetischen Progression wachsen. Dieß ist bei den vorhergehenden Höhen für 27, 26, 25 und 24 Zoll des Barometers der Fall, da die Differenzen dieser Höhen 920, 960, 1000 Fuß betragen, wo man jede dieser Zahlen findet, wenn man die nächstvorhergehende durch 1,04 multiplicirt, was eine charakteristische Eigenschaft der geometrischen Progressionen ist. Allein auch dieß ist nicht der Fall der Natur und wir wissen, daß es auf hohen Bergen immer beträchtlich kälter ist, als in den Ebenen. Die in den oberen Gegenden der Atmosphäre herrschende Kälte wird also die Dichte der oberen Luftschichten wieder vermehren und so der Atmosphäre selbst Gränzen setzen. Wenn das Mariotti'sche Gesetz nach aller Schärfe wahr wäre, und wenn die Luft durchaus dieselbe Temperatur hätte, so würde sie sich, obschon in immer dünneren Schichten, von der Erde aus ohne Gränzen in den unendlichen Raum erstrecken. Wie es aber auch mit dieser Gränze der Atmosphäre sich verhalten mag, so ist aus den erwähnten Beobachtungen über die Abnahme der Dichte derselben klar, daß sie in einer Höhe, die den hundertsten Theil des Erddurchmessers, also nahe 17 Meilen, beträgt, schon so dünne seyn muß, daß nicht nur keines der uns bekannten Thiere mehr darin leben kann, sondern daß selbst unsere feinsten physischen Instrumente uns nicht einmal die Existenz derselben mehr anzugeben im Stande seyn würden. Die für unsere Sinne vielleicht noch fühlbare Luft erstreckt sich nicht über zwei d. Meilen von der Oberfläche der Erde und in diesen Gegenden ist die Dichte derselben nahe der achte Theil ihrer Dichte an der Oberfläche des Meeres. Bis zu dieser Höhe kann man, den Beobachtungen gemäß, die Atmosphäre, ihre Dichte ausgenommen, in allgemeinen als gleichförmig oder aus der Oberfläche der Erde parallelen sphärischen Schichten bestehend annehmen, deren jede in allen Punkten gleich dicht ist, während die Dichte der verschiedenen Schichten selbst mit ihrer Höhe von der Erde nach dem erwähnten Gesetze abnimmt. Diese Annahme ist auch der Lehre von dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten vollkommen gemäß und sie setzt uns zu-

gleich in den Stand, die Wirkungen dieser auf die erwähnte Weise constituirten Atmosphäre der Rechnung zu unterwerfen. Die Uebereinstimmung der Resultate dieser Rechnungen mit jenen der unmittelbaren Beobachtungen wird dann zeigen, ob jene Voraussetzung selbst der Wahrheit gemäß ist.

§. 184. (Refraction.) Wie alle durchsichtigen Körper, so hat auch die Luft die Eigenschaft, daß sie die auf sie fallenden Lichtstrahlen, indem sie dieselben anzieht, bricht und ihnen eine andere Richtung gibt. Die Folge davon ist, daß wir die Sonne und überhaupt alle Körper des Himmels an einem ganz andern Orte sehen, als an dem, welchen sie in der That einnehmen.

Ist C (Fig. 25) der Mittelpunkt der Erde, B der Beobachter auf der Oberfläche derselben und S ein Gestirn, so wird der Lichtstrahl Ss, wenn er der ersten der oben erwähnten concentrischen Luftschichten in s begegnet, von derselben so gebrochen, daß er auf der anderen Seite von s der Linie Cs oder dem Einfallslothe näher kömmt, als er ohne Brechung gekommen seyn würde. Da ferner die Beschaffenheit der Schichten in allen Richtungen um den Punkt s durchaus dieselbe ist, so wird der Strahl durch die Brechung nur von dem Zenithe weg, aber nicht seitwärts gebracht, so daß er auch nach seiner Brechung noch in derselben Verticalebene CSs liegt, wie vor derselben, oder daß durch diese Brechung nur die Zenithdistanz, aber nicht das Azimut des Sterns (Einl. 20) verändert wird. Diese Veränderung ist allerdings nur sehr gering, weil die Dichte sowohl, als die Dicke dieser ersten Schicht ebenfalls nur äußerst klein ist. Aber die zweite Schicht bewirkt eine ähnliche Veränderung oder eine ähnliche Beugung des Lichtstrahls, und da dasselbe auch von allen folgenden Schichten gilt, so wird die Wirkung aller dieser Brechungen seyn, daß der anfänglich geradlinige Strahl Ss innerhalb der Atmosphäre oder von dem Punkte s bis zu dem Auge des Beobachters in B eine gegen die Erde hohle krumme Linie sB beschreibt. Nun sieht man aber alle Gegenstände in derjenigen Richtung, welche der von ihm ausgehende Lichtstrahl in dem Augenblicke hat, in welchem er das Auge des Beobachters trifft, unbeschadet aller der andern Richtungen, die er etwa vor diesem Augenblicke gehabt haben kann. Daraus folgt, das Auge sieht den Stern S in der

Richtung der Tangente des letzten Punktes der krummen Linie, die er in der Atmosphäre beschreibt, oder in der Richtung der geraden Linie Bs′ S′, also auch näher bei dem Zenithe Z, als es den Stern ohne Refraction gesehen haben würde. So wie aber BS die letzte Tangente jener krummen Linie ist, so ist auch die gerade Linie Ss die erste Tangente derselben. Verlängert man diese Linie Ss auf der anderen Seite von s, bis sie die letzte Tangente in n und die Erde in D trifft, so ist der Winkel BnD dieser beiden Tangenten die eigentliche Ablenkung des Strahls, die durch die Refraction hervorgebracht wird, oder dieser Winkel BnD ist die gesuchte Refraction oder die Strahlenbrechung des Sterns S für die scheinbare Zenithdistanz ZBS, in welcher ihm der Beobachter in B sieht.

§. 185. (Bestimmung der Größe der Refraction.) Es ist nun Sache der Geometrie, die Größe dieses Winkels BnD oder die Refraction der Gestirne für jede scheinbare Zenithdistanz ZBS′ zu bestimmen. Man sieht von selbst, daß diese Bestimmung durch das ganze Gebiet der praktischen Astronomie von der größten Wichtigkeit ist, da sie alle unsere Beobachtungen ohne Ausnahme afficirt, und da wir durchaus von keinem Himmelskörper den wahren Ort angeben können, den er im Weltraume einnimmt, wenn wir ihn nicht zuerst von dieser optischen Täuschung befreit haben, durch welche wir alle diese Körper höher über dem Horizonte sehen, als sie es in der That sind.

Unglücklicher Weise ist aber diese Aufgabe sehr schwer mit vollkommener Schärfe zu lösen. Wir haben bereits oben (§. 162) gesagt, daß die Dichte der Luft, die, nach Marrotti's Gesetz, in jedem Punkte derselben dem Drucke der oberen Schichten proportional ist, durch die in den höheren Gegenden der Atmosphäre herrschende Kälte wieder vergrößert wird. Man nimmt gewöhnlich an, daß für jede Erhöhung von nahe 670 Par. Fuß über die Oberfläche der Erde die Temperatur der Atmosphäre um einen Grad Reaum. abnimmt. Allein diese Annahme ist keineswegs hinlänglich begründet. Unsere größten Berge und selbst unsere höchsten Luftfahrten sind noch viel zu gering, um von ihnen eine sichere Belehrung über die Constitution der höchsten Luftschichten hoffen zu können. Mit einem Worte, das Gesetz, nach welchem sich die Kälte in den höheren Gegenden und also auch die Dichte

der Luft daselbst ändert, ist uns noch so gut als gänzlich unbekannt und so lange wir die Dichte der Luft in ihren verschiedenen Schichten nicht kennen, ist es auch nicht möglich, die Refraction, die ganz von dieser Dichte abhängt, zu bestimmen. Diesen Hindernissen ungeachtet haben die Astronomen, besonders in den letzten Zeiten, die Theorie der Refraction so weit vervollkommnet, daß sie nun, selbst für unsere genauesten Beobachtungen, wohl nur sehr wenig mehr zu wünschen übrig läßt. Sie haben uns solche Tafeln geliefert, aus welchen man für jede beobachtete Zenithdistanz die Refraction finden kann, die, zu der beobachteten Zenithdistanz addirt, die wahre oder diejenige gibt, welche man beobachten würde, wenn unsere Erde von keiner Atmosphäre umgeben wäre, oder wenn wir alle Gestirne an demjenigen Orte des Himmels sehen könnten, den sie in der That einnehmen.

Ohne hier diese Tafel mitzutheilen, wird es genügen, folgende Eigenschaften der Refraction zu bemerken, 1) für Sterne im Zenithe des Beobachters verschwindet die Refraction. 2) Je größer die Zenithdistanz des Sterns ist, desto größer ist auch die Refraction, bis sie endlich, für Sterne, die im Horizonte erscheinen, am größten ist, wo sie nahe 0° 33′ beträgt. 3) Von der Entfernung der Gestirne ist sie ganz unabhängig, weil sie alle weit außer unserer Atmosphäre liegen und die Refraction nur durch die letzte bedingt wird. 4) Bis zur scheinbaren Zenithdistanz von 45 Graden läßt sich die Refraction noch genau genug durch das Product von 58 Secunden in die Tangente der scheinbaren Zenithdistanz darstellen, aber für weiter vom Zenithe entfernte Sterne ist der Ausdruck für die Refraction mehr zusammengesetzt. 5) Endlich ändert sich die Refraction mit dem Zustande der Atmosphäre, besonders wenn die Dichte oder die Temperatur desselben sich ändert, daher man noch zwei Correctionen an die Refraction anbringt, deren die erste von dem Barometer und die zweite von dem Thermometer abhängt.

§. 186. (Horizontalrefraction.) Wenn ein Gegenstand, z. B. die Sonne AC (Fig. 25), auch noch unter dem Horizonte BH des Beobachters in B ist und also für denselben noch unsichtbar seyn sollte, so wird der von ihr ausgehende Lichtstrahl Aa, sobald er die Atmosphäre in a trifft, dieselben ebenfalls in einer krummen

Linie aB durchlaufen und der Beobachter wird die Sonne in der Richtung der letzten Tangente dieser Curve, d. h. in der Höhe HBA' über seinem Horizonte erblicken. Dieß ist die Ursache, warum für alle Orte der Erde die Sonne früher auf und später unterzugehen scheint, als sie in der That durch den Horizont dieser Orte geht. Durch die Refraction werden also die Tage verlängert. Diese Verlängerung ist besonders für die Gegenden innerhalb der Polarkreise sehr wohlthätig, wo die Sonne noch mehrere Tage, ja Wochen über dem Horizonte gesehen wird, wenn sie gleich schon in der That unter ihm steht und die lange Nacht dieser kalten Zonen anfangen sollte. Die folgende Tafel zeigt diese Beschleunigung des Aufgangs oder Verzögerung des Untergangs der Gestirne, also auch der Sonne, für verschiedene Polhöhen und Declinationen.

Geogr. Breite.	Nördl. oder südl. Declination.			
	0°	10°	20°	30°
0°	2M 12S	2M 14S	2M 20S	2M 32S
10°	2M 14S	2M 16S	2M 22S	2M 36S
20°	2M 20S	2M 23S	2M 31S	2M 46S
30°	2M 32S	2M 36S	2M 46S	3M 7S
40°	2M 52S	2M 57S	3M 12S	3M 47S
50°	3M 25S	3M 33S	4M 2S	5M 27S
54°	3M 45S	3M 55S	4M 36S	7M 7S
58°	4M 9S	4M 24S	5M 26S	12M 32S
62°	4M 41S	5M 3S	6M 50S	. .

So geht z. B. in Wien, dessen geogr. Breite 48°,2 ist, die Sonne am 21. Mai und am 24. Julius, wo ihre Declination 20 Grade beträgt, um 3M 53S früher auf und später unter, als sie ohne Refraction thun würde und dasselbe hat auch am 21. Jan. und am 22. November statt. An diesen Tagen wird daher die Dauer der Sonne über dem Horizonte durch die Refraction um 7M 46' verlängert. Für größere Breiten und größere Declinationen wird dieser Unterschied immer beträchtlicher.

Die starke Refraction am Horizonte ist die Ursache der auffallenden Gestalt der Sonne und des Mondes bei dem Auf- oder

Untergange dieser Himmelskörper, wo sie an ihrem oberen und noch mehr an ihrem unteren Rande stark abgeplattet erscheinen. Wenn die Sonne eben ganz aufgegangen ist und ihr unterer Rand noch im Horizonte steht, so wird derselbe durch die Horizontalrefraction um 33M erhöht (§. 185). Der obere Rand aber, der bereits eine Höhe von 32M über dem Horizonte hat, leidet durch die Refraction nur eine Erhöhung von 28M, so daß dieser der höchste und tiefste Punkt der Sonne einander um volle fünf Minuten näher gebracht werden, während der östliche und westliche Punkt des Sonnenrandes durch die Refraction gleichmäßig erhöht und daher in ihrer Entfernung von einander nicht verändert werden.

Diese Horizontalrefraction ist auch der Grund, warum man bei solchen Mondsfinsternissen, die am Horizonte statt haben, den Mond sowohl als auch die Sonne über dem Horizonte sieht, obschon diese beiden Himmelskörper zu jener Zeit um volle 180 Grade von einander entfernt seyn müssen.

Uebrigens erscheinen uns die Gestirne, wenn sie nahe am Horizonte stehen, in ihrem Lichte sehr geschwächt, so daß wir z. B. die Sonne bei ihrem Auf- und Untergange ohne Schmerzen betrachten können, während sie um Mittag unsere Augen blendet. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß die Sonne, wenn sie in der Nähe des Horizonts, in A (Fig. 25) ist, ihre Strahlen durch den Weg aB in der Atmosphäre schickt, während sie, bei einer größeren Höhe der Sonne in S, durch den Weg sB gehen. Jener Weg ist aber bedeutend länger als dieser und er geht überdieß durch einen größeren Raum der unteren, der Erde näheren und daher dichteren Luftschichten, wodurch das Licht der Sonne sehr geschwächt wird. Nach Bouguer hat man für die Stärke des Lichtes der Himmelskörper, wenn man sie außer unserer Atmosphäre gleich der Einheit setzt, für

die Zenithdistanz von	0° . .	20°	40°	60°	70°	80°	90°
	0,81	0,80	0,76	0,66	0,55	0,31	0,001,

so daß daher die Lichtstärke der Sonne am Horizonte über 810mal schwächer ist, als im Zenithe.

§. 187. (Terrestrische Refraction.) Aus dem Vorhergehenden folgt, daß der Lichtstrahl, wenn er von irgend einem Punkte zu

einem anderen durch die Luft geht und dabei die concentrischen Schichten derselben in einer schiefen Richtung durchschneidet, von diesen Schichten gebrochen wird und daher zwischen beiden Punkten eine krumme Linie beschreibt. Da dasselbe nicht bloß von den Gegenständen des Himmels, die außer der Atmosphäre sich befinden, sondern auch von allen Körpern, die in dieser Atmosphäre selbst liegen, der Fall ist, so sehen wir auch alle irdischen Gegenstände, die Spitzen der Berge, Thürme u. s. nicht an der Stelle, an welchen sie unserem Auge erscheinen würden, wenn die Erde nicht von Luft umgeben wäre. Der Unterschied dieser beiden Höhen nennt man die terrestrische Strahlenbrechung. Sie ist in den meisten Fällen, besonders wenn der Gegenstand näher bei dem Beobachter steht, viel geringer als die eigentliche astronomische Strahlenbrechung, aber doch auch öfter beträchtlich genug, um bei genaueren Beobachtungen auf sie Rücksicht zu nehmen. Bei jener Refraction geht nämlich der Lichtstrahl von dem terrestrischen Objekte nur durch einen, meistens sehr geringen Theil der Atmosphäre, während er bei der astronomischen Refraction den ganzen Weg von einer Gränze der Atmosphäre bis zur anderen zurücklegt. Schon daraus folgt, daß die terrestrische Refraction im Allgemeinen desto größer ist, je weiter das Objekt von dem Beobachter absteht. Für nicht gar zu große Distanzen nimmt man, den Beobachtungen gemäß an, daß die terrestrische Refraction, in Secunden ausgedrückt, gleich ist der Zahl $0{,}005$ multiplicirt in die Anzahl D. Toisen, die zwischen dem Beobachter und dem terrestrischen Objekte enthalten ist. So ist für eine Distanz des Objekts von 1000 Toisen oder 6000 Fuß die terrestrische Refraction gleich 5 Secunden.

§. 188. (Dämmerung.) Wir haben oben (§. 165) gesehen, daß durch die Wirkung der Atmosphäre auf die Lichtstrahlen die Sonne noch einige Zeit über unserem Horizonte erscheint, wenn sie in der That schon unter demselben ist, wodurch die Dauer des Tages, vorzüglich in den höheren Breiten, bedeutend verlängert wird. Aber selbst dann, wenn die Sonne schon so tief unter dem Horizonte steht, daß die Refraction sie nicht mehr bis zu ihm erhaben kann, selbst dann verdanken wir derselben Atmosphäre noch wenigstens einen Theil des Sonnenlichtes, das die erste und letzte

Gränze unserer Nächte erleuchtet und unter der Benennung der Dämmerung allgemein bekannt ist. Diese Beleuchtung unserer Erde kömmt zwar nicht mehr von dem direkten, aber wohl von dem reflektirten Lichte der Sonne, nämlich von denjenigen Sonnenstrahlen, welche von den höheren Theilen der Atmosphäre, von den Dünsten und Wolken, die noch nach dem Untergange oder schon vor dem Aufgange der Sonne von ihr beschienen werden, wie von einem Spiegel auf die Erde geworfen, den Anfang und das Ende unserer Nächte erleuchten.

Wenn die Sonne für einen Ort der Erde eben untergegangen ist, so sieht dieser Ort zwar die Sonne selbst nicht mehr, aber er sieht noch einen großen Theil des westlichen Himmels, den die Sonnenstrahlen noch beleuchten und von dem diese Strahlen nach allen Seiten zurückgeworfen werden. Je mehr sich aber dieser Ort, durch die tägliche Bewegung der Erde, nach Osten dreht, oder je weiter er sich von der Sonne entfernt, ein desto größerer Theil jener beleuchteten Stelle des westlichen Himmels verschwindet für ihn, weil er von der undurchsichtigen Erde, von unten herauf immer mehr und mehr bedeckt wird, bis endlich auch der höchste und schwächste Theil dieser Stelle sich dem Auge entzieht und jetzt erst die vollkommene Nacht über demselben einbricht.

Man nimmt gewöhnlich an, daß diese Dämmerung anfängt und aufhört, wenn die Sonne 18 Grade unter dem Horizonte steht. Für die Mitte Deutschlands hat sie ihre kürzeste Dauer von nahe zwei Stunden im Anfange des März und gegen die Mitte des Oktobers. Von der Mitte des Mai aber bis zu dem Ende des Julius dauert für uns diese Dämmerung die ganze Nacht durch, weil die Sonne während dieser Zeit selbst um Mitternacht nicht die Tiefe von 18 Graden unter dem Horizonte erreicht. In höheren Breiten ist die Dauer der Dämmerung viel größer. Unter den Polen selbst werden der halbjährigen Nacht, im Anfange sowohl, als am Ende derselben, volle 50 Tage durch die Dämmerung entzogen, wodurch die eigentliche lange Nacht auf $3^1/_2$ Monate herabgebracht wird. Ueberhaupt aber kann man annehmen, daß wegen diesem Dämmerungsbogen von 18 Graden nicht mehr bloß 180 Grade von dem Umfange der

Erde, sondern noch 36 Grade mehr, also 216 Grade dieses Umfangs von dem direkten und reflektirten Sonnenlichte beleuchtet werden.

Von dieser sogenannten astronomischen Dämmerung ist die bürgerliche verschieden, die dann anfängt und endet, wenn man in mäßig frei liegenden Wohnungen das Licht Abends anzuzünden oder Morgens auszulöschen pflegt. Man nimmt für diese Zeit die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte zu $6^1/_2$ Grad an. Diese bürgerliche Dämmerung ist also viel kürzer, als jene, und sie dauert für das mittlere Deutschland im März und Oktober, wo sie am kürzesten ist, nur 40 Minuten, im höchsten Sommer aber oder in der Mitte des Junius nahe eine Stunde.

§. 189. (Allgemeine Reflexion der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre.) Wenn wir einen Sonnenstrahl durch die enge Oeffnung eines Fensterladens in ein verschlossenes, finsteres Zimmer leiten, so sieht man denselben nicht bloß als einen lichten, goldenen Faden durch die ganze Länge des Zimmers gehen, sondern man bemerkt auch die um ihn liegenden Gegenstände in einem matten Lichte schimmern, so daß durch diesen einen Strahl das ganze Zimmer schwach beleuchtet erscheint, offenbar weil einzelne Theile des Lichtstrahls von der Luft, durch die er geht, zurückgeworfen und auf die benachbarten Gegenstände gebracht werden, von welchen sie wieder in unser Auge reflektiren. Dieselbe Erscheinung hat noch in einem viel höheren Grade für alle Theile der Erde statt, die eben von der über ihrem Horizonte stehenden Sonne beschienen werden. Die Sonne bescheint diese Gegenstände auf der Erde, so wie die Atmosphäre und die in ihr enthaltenen Wolken und Dünste über der Erde, und diese zerstreuen das von der Sonne erhaltene Licht, wie zahllose Spiegel, nach allen Seiten, so daß gleichsam von jedem sichtbaren Punkte auf und über der Erde zu jedem andern sichtbaren Punkte die Strahlen des Lichtes sich nach allen Richtungen durchkreuzen. Das allgemein über uns verbreitete Tageslicht, dessen wir uns während der Gegenwart der Sonne erfreuen, ist daher ein Phänomen, das im Grunde aus derselben Ursache, wie die eben betrachtete Morgen- und Abenddämmerung entsteht. Wäre die Erde von keiner At-

mosphäre umgeben oder hätten die Elemente der Atmosphäre nicht die Eigenschaft, das Licht nach allen Seiten wieder zurück zu werfen, so würden wir auf der Erde nur diejenigen Gegenstände sehen, welche direkt von der Sonne beschienen werden und alle von den Sonnenstrahlen nicht unmittelbar getroffenen Körper würden in den finstern Schatten der Nacht zu liegen scheinen; jede kleine Wolke, die zwischen der Sonne und uns vorüberzieht, würde uns sofort in die tiefste Dunkelheit der Mitternacht versetzen; die Fixsterne würden, ganz nahe an der Sonne, auch am Tage sichtbar seyn; der Himmel selbst würde an allen den von Sternen freien Stellen, schwarz und finster erscheinen und selbst unsere Wohnungen würden, sobald ihr Inneres nicht unmittelbar von dem Sonnenlichte getroffen wird, in nächtlicher Finsterniß eingehüllt seyn, und da endlich, ohne Atmosphäre, auch keine Dämmerung mehr statt haben könnte, so würden wir nicht nur das schöne Schauspiel der Morgen- und Abendröthe entbehren, sondern auch unmittelbar nach der tiefsten Nacht die hellleuchtende Sonne, und eben so schnell nach dem Tage wieder die schwärzeste Nacht über uns einbrechen sehen, ein Zustand, der auf unsere Augen nicht anders, als sehr nachtheilig einwirken könnte.

§. 190. (Präcession der Nachtgleichen.) Schon der bereits oben erwähnte Hipparch, der größte unter den griechischen Astronomen, der gegen d. J. 130 vor Chr. G. lebte, hatte bemerkt, daß die Länge der Sterne jährlich um nahe $50{,}_{2113}$ Secunden zunimmt, während die Breite derselben unverändert bleibt. Man hat diese Bewegung der Fixsterne die Präcession genannt. (Vergl. §. 116.) Da diese Bewegung allen Sternen gemeinschaftlich ist, so schloß er daraus, daß sie ihre Ursache, nicht in den Sternen selbst, sondern in dem Frühlingspunkte habe, und daß daher dieser Punkt es sey, der jährlich um diese Größe von $50''{,}_{21}$ rückwärts oder von Ost nach West, gegen die Ordnung der Zeichen gehe. Da aber dabei die Breite der Sterne unverändert bleibt, so kann auch die Lage der Ecliptik keine Aenderung leiden und daher muß jene Zunahme der Länge der Sterne in einem Rückwärtsgehen des Aequators auf der festen Ebene der Ecliptik gesucht werden. Zwar behält diese

Ebene der Ecliptik selbst nicht immer dieselbe Lage am Himmel bei, und wir haben bereits oben gesehen, daß sie dem Aequator jährlich um nahe $0,_{48}$ Secunden näher tritt. Aber diese eigene Bewegung der Ecliptik ist erstens viel geringer, als jene des Aequators, sie entspringt auch zweitens aus einer ganz anderen Quelle und sie ist endlich selbst veränderlich, so daß wir sie hier ohne merklichen Fehler ganz außer unserer Betrachtung lassen können. Nehmen wir daher an, daß die Schiefe der Ecliptik immer dieselbe und die Lage derselben am Himmel unverändert bleibt, so werden wir die Präcession dadurch vorstellen können, daß wir den Aequator VQ (Fig. 2) mit sich selbst parallel jährlich um $50'',_{21}$ auf der festen Ecliptik VL rückwärts gehen lassen, wodurch also auch der Frühlingspunkt V in der Ecliptik jährlich um dieselbe Größe von V in der Richtung VM rückwärts gehen und daher die Länge aller Sterne in jedem Jahre um dieselbe Größe wachsen wird.

Wenn aber die Schiefe der Ecliptik oder der Winkel LVQ constant ist, so ist auch die Entfernung NE des Pols N des Aequators von dem Pole E der Ecliptik constant, da diese Entfernung gleich jenem Winkel ist (Einl. §. 7). Da ferner der größte Kreis, der durch die beiden Pole L und N dieser zwei Ebenen geht, immer senkrecht auf beiden Ebenen ist (Einl. §. 4) und da jener größte Kreis diese beiden Ebenen immer in der Entfernung von 90 Graden von dem Durchschnitte V dieser Ebenen trifft (Einl. §. 7), so wird, wenn der Frühlingspunkt V in der festen Ecliptik LV um einen bestimmten Bogen gegen M fortgeht, auch der Pol N des Aequators um den festen Pol E der Ecliptik in der Richtung von N gegen S′ einen Kreisbogen von derselben Größe beschreiben. Wir können daher jene Veränderung der Länge der Sterne auch durch eine Bewegung des Pols N des Aequators darstellen, der um den festen Pol E der Ecliptik, als um einen Mittelpunkt einen Kreis beschreibt, dessen Halbmesser gleich EN oder gleich der Schiefe der Ecliptik LVQ ist.

§. 191. (Scheinbare Verrückung der Sterne durch die Präcession.) Durch die Wirkung der Präcession geht der Frühlingspunkt, also auch der Herbstpunkt, in jedem Jahrhundert um $1,_{3947}$ Grade rückwärts, wodurch daher die Länge aller Sterne

mit der Zeit sehr verändert wird. So fand Hipparch i. J. 130 vor Chr. die Länge der Spica oder der Kornähre in dem Sternbilde der Jungfrau gleich 174°,₀. Von jener Zeit bis zum Jahre 1834 sind 1964 Jahre verflossen, in welchen die Länge dieses Sterns um 27°,₄ zugenommen hat, so daß sie jetzt 201°,₄ beträgt. Um eben so viel ist also auch die Länge aller andern Sterne vorgerückt. Die Sternbilder des Thierkreises (S. 129) und die Namen derselben wurden wahrscheinlich zu einer Zeit erfunden, wo diese Namen noch mit den Jahreszeiten im Zusammenhange standen. So hieß der Widder, in dessen Vorderfüßen damals der Frühlingspunkt gestanden haben mag, dasjenige Zeichen, in welchem sich die Sonne über dem Aequator zu erheben anfängt. Der Löwe, in dem die Sonne zur Zeit des höchsten Sommers erschien, sollte die größere Hitze dieser Jahreszeit, die Waage die Gleichheit des Tages und der Nacht zur Zeit des Herbstäquinoctiums bezeichnen u. dgl. Diese Bedeutung der zwölf Himmelszeichen kann aber jetzt nicht mehr gelten, wo sie alle, durch die Präcession, um beinahe 30 Grade vorgerückt sind, so daß jetzt der Frühlingspunkt im östlichen Ende des westlichen Fisches und der Herbstpunkt auf der südlichen Schulter der Jungfrau steht. Wenn daher die älteren Astronomen die Länge der Sterne durch diese Himmelszeichen angaben und z. B. für einen Stern, dessen Länge 90 Grade betrug, sagten, daß er in der Mitte des Krebses stehe oder daß seine Länge z. B. ♋10° sey, so war dieß dem damaligen Stande des Himmels ganz angemessen. Wenn aber diese Sprache auch jetzt noch von einigen Astronomen oder wenigstens in unseren Kalendern beibehalten wird, so ist sie ganz unzweckmäßig und sollte daher nicht weiter angewendet werden, da sie nur zu Irrungen Anlaß geben kann. Es wäre übrigens interessant, sehr alte Zeichnungen des Himmels, Sternkarten mit der Ecliptik zu besitzen, um daraus, nicht sowohl den Stand des Himmels zu jener Zeit, den uns die gegenwärtige Kenntniß der Präcession mit hinlänglicher Genauigkeit gibt, als vielmehr diejenige Zeit abzuleiten, zu welchen jene Karten verfertiget worden sind. So stand z. B. um das Jahr 320 vor Chr. die Brust des Widders im Frühlingspunkte, im Jahre 2470 nahmen die Hyaden im Stier, im Jahre 4620 das westliche Ende der Zwillinge und im Jahre 6770 die

Mitte des Krebses den Frühlingspunkt auf. Im Gegentheile wird er in der Folgezeit um das Jahr 4000 nach Chr. in der Mitte des Wassermanns, i. J. 6140 im Kopfe des Steinbocks und i. J. 8300 in der Spitze des Pfeils des Schützen seyn.

§. 192. (Polarsterne für verschiedene Epochen.) Die Astronomen pflegen denjenigen unter den größeren Sternen, der dem Nordpole des Aequators am nächsten steht, den Polarstern zu nennen. Sie geben ihm diesen Eigennamen, weil er durch diese seine Stellung am Himmel zu mehreren wichtigen Beobachtungen und Untersuchungen vorzüglich geschickt ist. Jetzt trägt diese Benennung der Stern α im kleinen Bären, dessen Rectascension nahe 15° und dessen Abstand von dem Pole des Aequators $1^\circ\ 30'$ ist. Dieser Abstand wird in den nächsten Jahrhunderten noch kleiner werden, weil wegen der Präcession der Pol N des Aequators (Fig. 2) sich diesem Sterne immer mehr nähert. Im J. 2100 aber wird dieser Pol am nächsten bei ihm seyn, und dann nur mehr 28 Minuten von ihm abstehen. Nach dieser Zeit wird der Pol N sich wieder von ihm entfernen, um sich anderen Sternen zu nähern, die dann einen größeren Anspruch auf die Benennung des Polarsterns machen werden. Auch war jener Stern zur Zeit Hipparchs noch gegen zwölf Grade von dem Pole N entfernt und verdiente daher damals diesen Namen noch gar nicht. Um diejenigen Sterne zu finden, denen in verschiedenen Epochen der Pol des Aequators am nächsten steht, wird man auf einer Sternkarte um den Pol der Ecliptik einen Kreis mit dem Halbmesser von $23^\circ\ 28'$ ziehen und dadurch die Sterne angeben, durch welche dieser Kreis geht. Genauer noch wird man für die verschiedene Epochen die Halbmesser dieser Kreise dahin verändern, daß sie die Schiefe der Ecliptik für jene Epoche (S. 112) vorstellen. Auf diese Weise findet man, daß gegen das Jahr 2700 vor Chr. der Stern α im Drachen der Polarstern war, und daß i. J. 4100 nach Chr. der Stern γ Cephei, dann α Cephei und endlich gegen d. J. 14000 nach Chr. α Cygni oder Deneb im Schwan auf diese Benennung Anspruch machen wird.

Wenn man die jährliche Präcession von $0^\circ{,}_{013947}$ für alle Jahre gleich groß annimmt, so würde daraus folgen, daß die

Pole des Aequators ihren ganzen Umlauf um die Pole der Ecliptik in 25812 Jahren vollenden, welche Periode einige Chronologen das platonische Jahr genannt haben. Allein diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, da die Größe der Präcession mit der Zeit selbst sich ändert und da sie überhaupt noch nicht mit der Genauigkeit bekannt ist, um sie auf so entfernte Zeiten noch mit Sicherheit anwenden zu können.

§. 193. (Nutation.) Eigentlich wird durch diese Bewegung des Poles des Aequators in einem Kreise, dessen Mittelpunkt der Pol der Ecliptik ist, noch nicht die ganze Ortsveränderung jenes Poles an den Sphären des Himmels, sondern nur der vorzüglichste Theil derselben, oder die Erscheinung im Großen, dargestellt. Genauere Beobachtungen haben uns nämlich gelehrt, daß der Pol des Aequators in jenem Kreise zwar im Allgemeinen mit der Zeit immer weiter zurückgeht, daß er aber nicht immer in der Peripherie dieses Kreises bleibt, sondern sich dem Mittelpunkte desselben bald nähert, bald wieder etwas davon entfernt, und daß er selbst zuweilen durch einige Jahre etwas vorwärts schreitet. Jene Annäherung und Entfernug kann bis auf neun, und dieses Vorwärtsschreiten bis auf achtzehn Secunden betragen. Aber beide Unregelmäßigkeiten sind in die enge Periode von neunzehn Jahren eingeschlossen, nach welchen sie sich immer wieder in der alten Ordnung wiederholen. Man nennt sie die Nutation oder das Wanken der Erdaxe. Man kann sie dadurch vorstellen, daß man den Pol des Aequators binnen 19 Jahren in der Peripherie einer kleinen Ellipse herumgehen läßt, deren Mittelpunkt auf jenem Kreise in jedem Jahre 50″,21 rückwärts geht, und deren große Axe gegen den Pol der Ecliptik gerichtet ist. Die Wirkung dieser zusammengesetzten Bewegung des Pols ist ein immerwährendes Verändern der Länge sowohl, als auch der Rectascension und der Declination der Sterne, während die Breite immer dieselbe bleibt. Allein am Ende jeder Periode von 19 Jahren verschwinden die Anomalien der Nutation, während die der Präcession mit den Jahrhunderten ohne Ende fortgehen. Die Astronomen, für welche die genaue Kenntniß der Lage der Fixsterne für jede gegebene Zeit von der größten Wichtigkeit ist, haben diese Aenderungen derselben mit Sorgfalt bestimmt und in Tafeln gebracht, die hier ohne Umständlichkeit nicht

mitgetheilt werden können. Wir werden in der Folge wieder auf diese Erscheinungen zurückkommen und die Quellen aufsuchen, aus welchen sie entspringen. Hier bemerken wir nur noch, daß wir von der Größe der Präcession schon oben (§. 116 und 123) bei Bestimmung der tropischen Umlaufszeiten der Erde und der Planeten Gebrauch gemacht haben.

§. 194. (Anwendung der Präcession auf chronologische Untersuchungen.) Wir haben bereits erwähnt, daß ältere Nachrichten von dem Zustande des Himmels uns über die Zeit, welcher diese Nachrichten angehören, belehren können. Es wird nicht unangemessen seyn, einige Beispiele davon anzuführen.

Ptolemäus erzählt uns in seinem Almagest, daß Eudox, ein Zeitgenosse Plato's, einen der größeren Fixsterne sehr nahe bei dem Pole des Aequators gesehen habe. Da Plato nahe 350 Jahre vor Chr. lebte, so kann dieß, wie aus dem Vorhergehenden folgt, nicht unser gegenwärtiger Polarstern oder α im kleinen Bären gewesen seyn, der damals noch sehr weit von dem Pole entfernt war. Betrachtet man den oben erwähnten, von dem Pole des Aequators vermöge der Präcession beschriebenen Kreis etwas genauer, so findet man nur einen einzigen Fixstern in jener Gegend des Himmels, der von bedeutender Größe ist und in der Vorzeit nahe genug bei dem Pole gewesen seyn kann. Es ist dieß H im Drachen, dessen Rectascension im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts $186'',_2$ und dessen Declination $70^o,_9$ ist. Daraus findet man die Länge desselben für unsere Zeit gleich $133^o,_{43}$. Wenn nun dieser Stern in der That zu jener Zeit sehr nahe bei dem Pole des Aequators war, so muß seine Länge nahe gleich 90° gewesen seyn. Die Differenz dieser Länge von $43,_{43}$ Graden wird aber von der Präcession, die jährlich nur $0^o,_{013947}$ beträgt, in 3110 Jahren zurückgelegt, so daß also dieser Stern um das Jahr 1310 vor Chr. dem Pole am nächsten gewesen seyn muß. Da aber diese Epoche gegen 1000 Jahre vor Plato's Zeit fällt, so hat Eudox in jener Nachricht nicht den Zustand des Himmels beschrieben, wie er zu seiner Zeit war, für welche jener Stern schon weit von dem Pole entfernt seyn müßte, sondern er hat uns vielleicht nur eine nahe tausend Jahre ältere Sage erzählt, die er von den Aegyptiern oder Chaldäern erhalten haben mag.

Laplace glaubt, daß die Bezeichnung und Benennung der Sternbilder des Thierkreises zu einer Zeit erfunden worden sey, wo der Steinbock, den man immer nur auf den höchsten Spitzen der Felsen erblickte, auch den höchsten Punkt der Ecliptik über dem Aequator eingenommen habe. In unseren Tagen ist er aber schon nahe 30 Grade über dem tiefsten Punkt der Ecliptik vorgerückt. Dann würde die Waage sehr zweckmäßig in die Frühlingsnachtgleiche gekommen seyn und die meisten der übrigen Sternbilder des Thierkreises würden eine auffallende Verbindung mit der Agricultur und dem Klima von Aegypten zeigen. Die Differenz der Länge von 210 Graden, welche diese Annahme voraussetzt, wird von der jährlichen Präcession erst in 15030 Jahren beschrieben und dadurch würde die Erfindung der Namen des Thierkreises über dreizehntausend Jahre vor dem Anfang unserer Zeitrechnung zurückfallen. Allein mit dieser Hypothese scheint unsere ganze Menschengeschichte in direktem Widerspruche zu seyn, daher sie, die weder auf einer bestimmten Nachricht, noch auf einer Beobachtung, sondern nur auf einer bloßen Meinung beruht, nicht zugelassen werden kann.

Die Ruinen der alten Stadt Tentyris (Denderah) in Oberägypten zeichnen sich durch einen großen Tempel aus, den uns die Zeit ohne beträchtliche Zerstörungen erhalten hat. An dem Plafond des Porticus dieses Tempels sieht man die zwölf Figuren des Thierkreises in der Ordnung, in welcher sie von der Sonne durchlaufen werden. Dieser Thierkreis ist in den letzten Jahren nach Paris gebracht und daselbst aufgestellt worden, wo er bald der Gegenstand der allgemeinen Aufmerksamkeit wurde. An der Spitze der Reihe dieser Figuren erblickt man das Sternbild des Löwen, der zuerst aus dem Thore des Tempels zu treten scheint. Man wollte daraus den Schluß ziehen, daß zur Zeit der Errichtung dieses Thierkreises die Sonne im Anfange des Jahres in diesem Zeichen gewesen sey. Das Ruraljahr der alten Aegyptier begann aber mit dem Sommersolstitium, zu welcher Zeit der Nil austritt. Nimmt man also, aus Mangel an näheren Nachrichten, die Mitte des Löwen für denjenigen Punkt an, in dem die Sonne im Anfange jenes Jahres war, so war das Solstitium zu jener Zeit volle 60 Grade weiter östlich, als es jetzt ist und

dieß gibt einen Zeitraum von $\frac{60}{0,01395}$ oder von 4300 Jahren, so daß also jener Tempel gegen das Jahr 2740 vor Chr. G. erbaut worden wäre. Würde man aber den Anfang dieses Sternbildes für den entscheidenden Punkt nehmen, so hätte man nur 40 Grade für die Präcession und die Erbauung des Tempels würde in das Jahr 1100 vor Chr. oder in die Zeit von David fallen, in welcher auch der Tempel von Jerusalem erbaut worden ist. Biot, der sich mit diesem Gegenstande sorgfältig beschäftigte, wollte mit großer Sicherheit gefunden haben, daß die Errichtung dieses Tempels in das Jahr 700 v. Chr., also kurz nach der Erbauung Roms fällt. Fourier setzt dafür die Zeit der Errichtung des Tempels zu Latopolis, des ältesten ägyptischen Gebäudes dieser Art, welches uns die alles zerstörende Zeit erhalten hat, auf das Jahr 2500 vor Chr. und Dupuis (in s. origine des cultes, Vol. 3e.) sogar auf das Jahr 15000 vor unserer Zeitrechnung. Da ihm aber später dieses Alter des Tempels selbst wieder unglaublich erschien, so fand er für gut, anzunehmen, daß durch diesen Thierkreis nicht sowohl die Orte der Sonne zur Zeit der Solstitien, als vielmehr die ihr gegenüberstehenden Punkte dargestellt werden sollten, wodurch er jenes Alter um eine volle halbe Revolution der Aequinoctien oder um 13000 Jahre verminderte und die Entstehung des Tempels wieder auf das Jahr 2000 v. Chr. zurückbrachte. Champollion endlich und Letronne, welche diesen Thierkreis auf ganz andere und mehr kritische Weise untersuchten, kamen, besonders durch die griechischen Inscriptionen, die sie auf jenen Tempeln gefunden hatten, auf das Resultat, daß diese religiösen Gebäude erst unter der Regierung Trajans und seiner nächsten Nachfolger erbaut worden seyn sollen. Auf ähnliche Resultate sind auch Visconti und Paravey gekommen, die sich zuletzt mit diesen alten Thierkreisen, die man in Denderah, Latopolis, Esne und auch in Palmyra, Cathay und in mehreren Städten Indiens gefunden hat, beschäftiget haben. Die große Verschiedenheit dieser Altersbestimmungen jener merkwürdigen Monumente der Vorzeit erregt den Verdacht, daß diese Denkmäler wohl nicht der Art sind, um aus ihnen selbst die Zeit ihrer Entstehung mit Sicherheit abzuleiten und daß die meisten der eben angeführten Schlüsse auf Meinungen und Ansichten gebaut sind, die, bei dem Mangel aller

anderen Hülfsmittel, weder einer Widerlegung, noch auch eines strengen Beweises fähig zu seyn scheinen. Selbst wenn man aus der Construction dieser Bildnisse mit Gewißheit bestimmen könnte, unter welche Gestirne die Erbauer derselben die Nachtgleichen oder die Solstitien versetzt haben — aber wie weit ist man noch von dieser Bestimmung, über welche noch die größte Ungewißheit herrscht, entfernt — selbst dann noch würde man über das Alter dieser Denkmähler keinen sicheren Ausspruch wagen können, da die bekannte Lust der Aegyptier und Indier, mit einem hohen Alterthume ihres Volkes zu prahlen, sie leicht verleiten konnte, nicht den zur Zeit der Erbauung jener Tempel bestandenen, sondern einen viel früheren, vielleicht ganz imaginären Zustand des Himmels darzustellen. So haben uns die Engländer erst in unseren Tagen mit sehr alten Planetentafeln der Indier bekannt gemacht, die sämmtlich von einer Conjunction aller Planeten anfangen, welche um das Jahr 3100 vor Chr. G. beobachtet worden seyn soll. Allein als man diese Tafeln, deren hohes Alterthum sie uns in der That ganz besonders merkwürdig gemacht hätte, näher untersuchte, fand man, daß sie noch eine andere, viel neuere Epoche voraussetzen, die in das Jahr 1491 nach Chr. G. fällt, und daß man, wenn man mit dieser Epoche und mit den mittleren Bewegungen dieser Tafeln rückwärts rechnet, allerdings jene allgemeine Conjunction der Planeten findet, die aber demungeachtet nicht statt gehabt hat, weil unsere neuesten Tafeln, welche jene indischen an Vollkommenheit weit hinter sich zurücklassen, dieser Conjunction gänzlich widersprechen und dadurch zugleich zeigen, daß jene erste, altergraue Epoche nur eines der vielen Opfer war, welche die auf ihr hohes Alterthum stolzen Indier ihrer Eitelkeit bringen wollten.

Neuester Verlag
von
Carl Hoffmann in Stuttgart.

Allgemeine
Naturgeschichte
für alle Stände,
von
Professor Oken.
Erste bis dreizehnte Lieferung. Preis 18 kr. — 5 gr. für die Lieferung.

Abbildungen
zu
Oken's Naturgeschichte.
Thierreich, erste Lieferung.
10 Tafeln Abbildungen und 2 Bogen Text dazu, Folio.
Preis 1 fl. — 15 gr.

Deutschland und seine Bewohner,
ein
Handbuch der Vaterlandskunde
für alle Stände.
Bearbeitet von
K. Fr. Vollrath Hoffmann.
Erste bis fünfte Lieferung. Preis 54 kr. — 12 gr. für d. Lfg. v. 12 Bogen.

Reise-, Post- und Zollkarte
von
Deutschland,
mit
Angabe der Eilwagenkurse, und besonderer Rücksicht auf die, in dem großen deutschen Zollverbande vereinigten Staaten; im Maßstabe von 2.220.000 der natürlichen Länge;
bearbeitet von
K. Fr. Vollrath Hoffmann.
Größtes Landkartenformat.
Preis, schön illuminirt, 2 fl. 24 kr. — 1 Thlr. 8 gr.

Die Erde und ihre Bewohner,
ein
Hand- und Lesebuch für Schule und Haus,
bearbeitet von
K. Fr. Vollrath Hoffmann.
Dritte, berichtigte, vermehrte Auflage. 44 Bogen, mit 5 Stahlstichen und 6 gestochenen Karten.
Preis, sehr eleg. geb., 3 fl. — 1 Thlr. 18 gr.

Allgemeine
Erdbeschreibung für Schulen.
Ein
Leitfaden für Lehrer und Lernende,
von
K. Fr. Vollrath Hoffmann.
264 Seiten, gr. 8. Elegant gebunden 54 kr. — 12 gr.

Allgemeiner Atlas
über alle Theile der Erde für Schulen und zum Selbstunterricht;
bearbeitet von
K. Fr. Vollrath Hoffmann.
Gestochen von W. Pobuda und J. Rees.
16 Karten, mit 14 gedruckten Erläuterungsblättern, also zusammen 30 Blatt in quer Folio.
Zwei Theile. In Umschlag geh. Preis 4 fl. — 2 Thlr. 12 gr.

Ausführliche Volksgewerbslehre
oder
allgemeine und besondere Technologie zur Belehrung und zum Nutzen für alle Stände. Nach dem neuesten Zustande der technischen Gewerbe und deren Hilfswissenschaften bearbeitet
von
Dr. J. H. M. Poppe,
Hofrath und ordentlichem Professor der Technologie zu Tübingen.
Zwei Bände mit Abbild. gr. 8. 1833. Geh. 5 fl. 24 kr. — 3 Thlr.

Vollständiges
Lehrbuch der gesammten Baukunst,
von
Ludwig Friedrich Wolfram.
Ersten Bandes (Baumateriallehre) 3te Abtheil. 24 Bogen mit 55 erläuternden Figuren. gr. 4. Cart. 3 fl. — 2 Thlr.

Fig. 1.

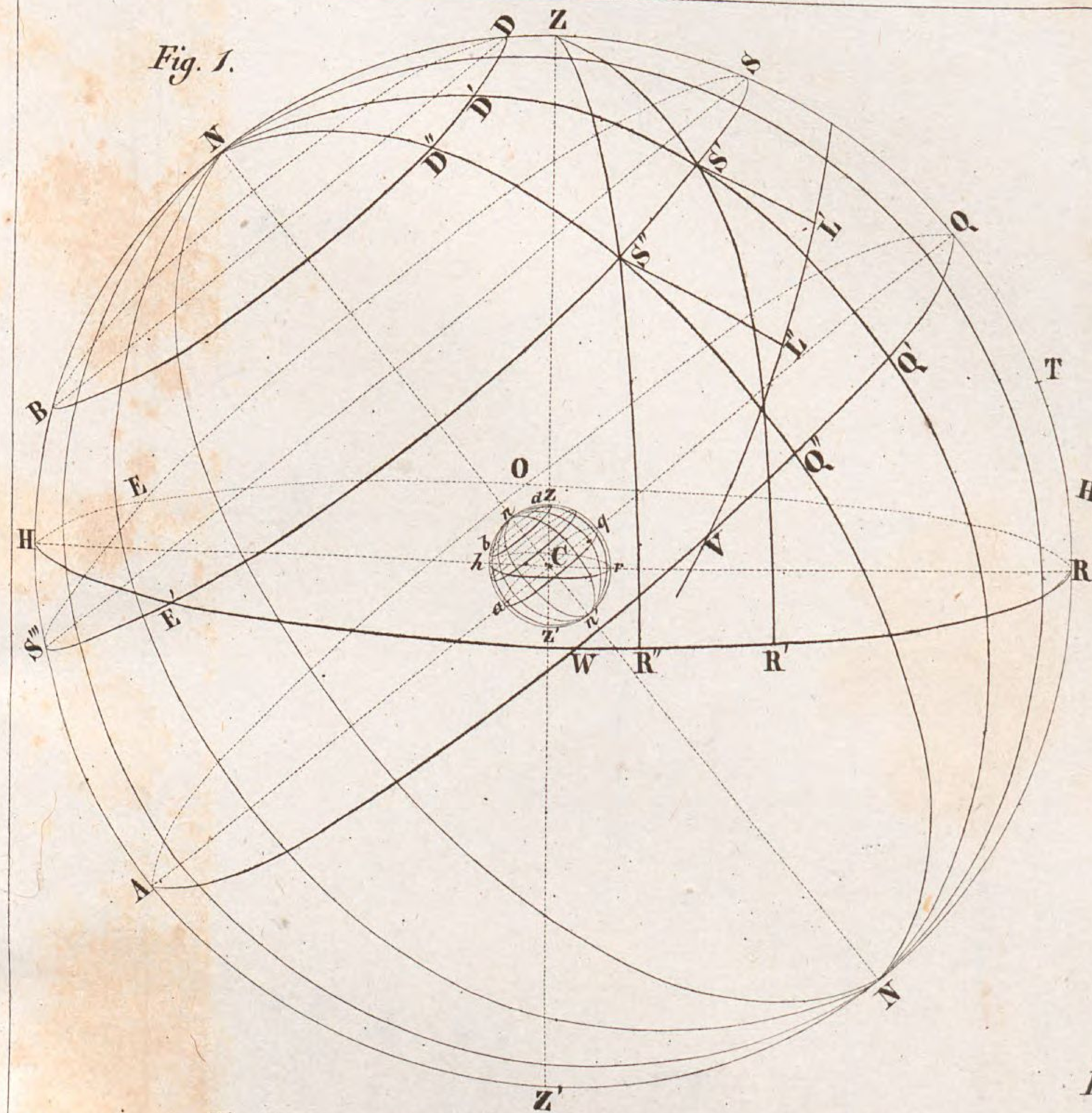


Fig. 2.

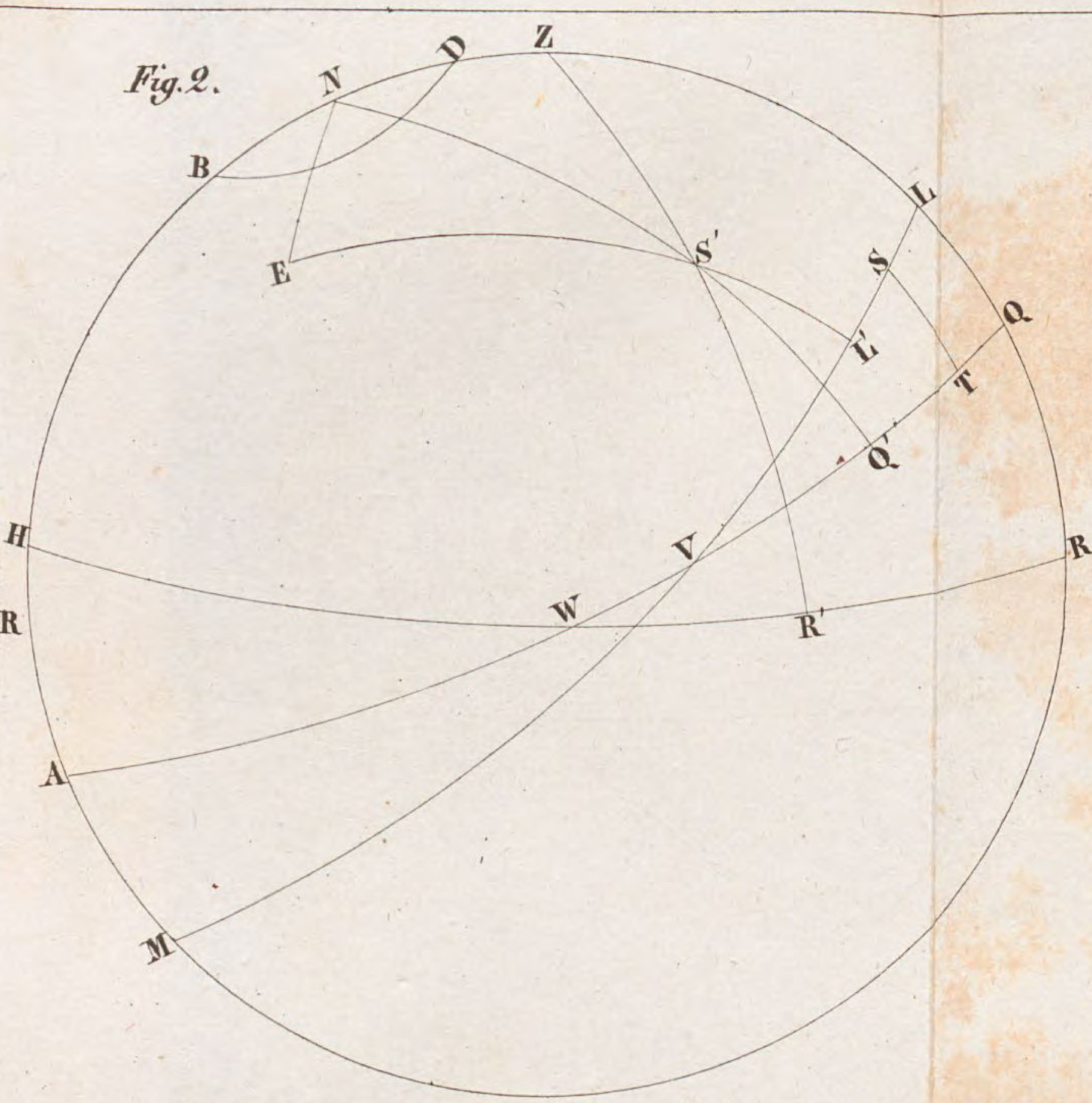


Fig. 4.

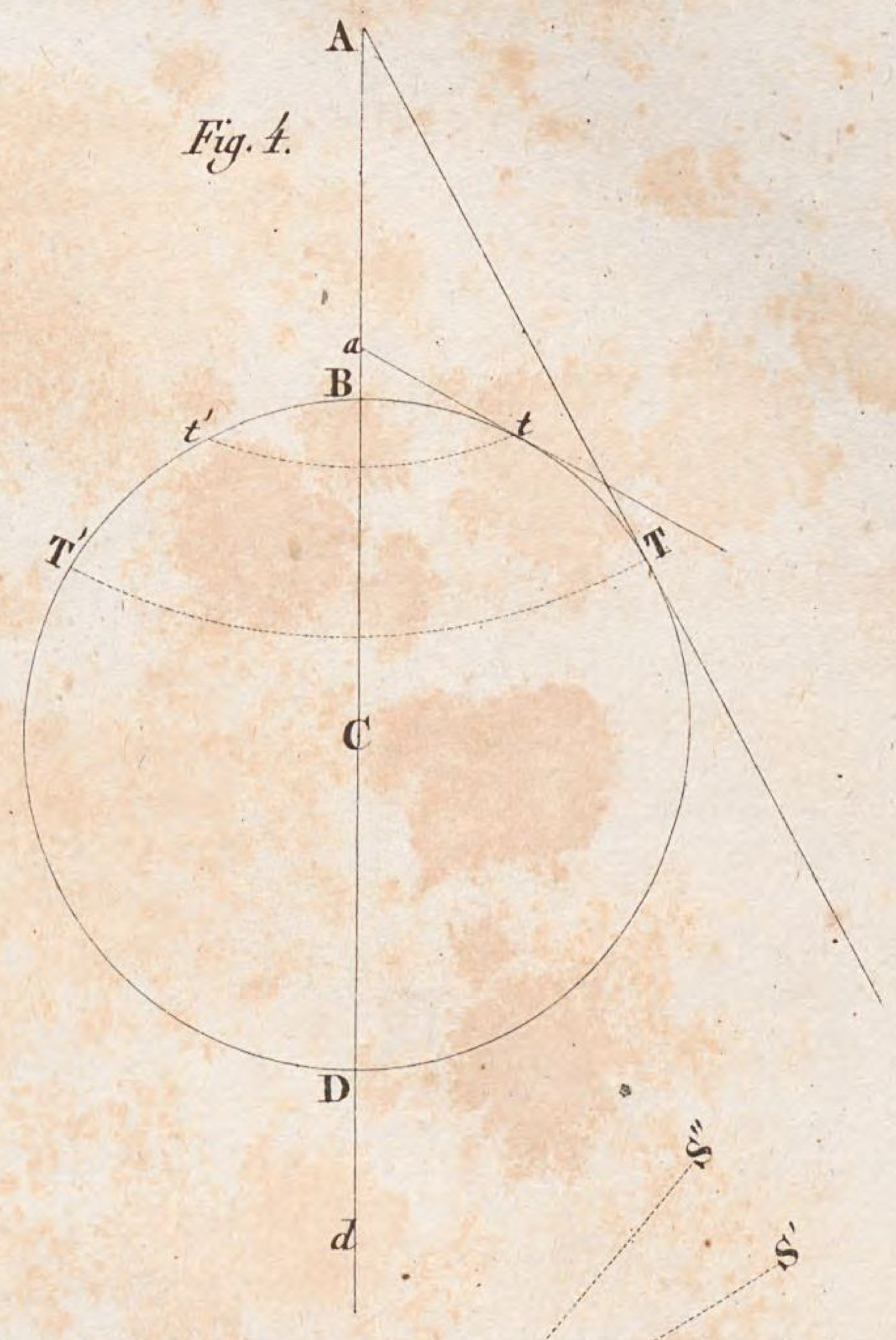


Fig. 3.

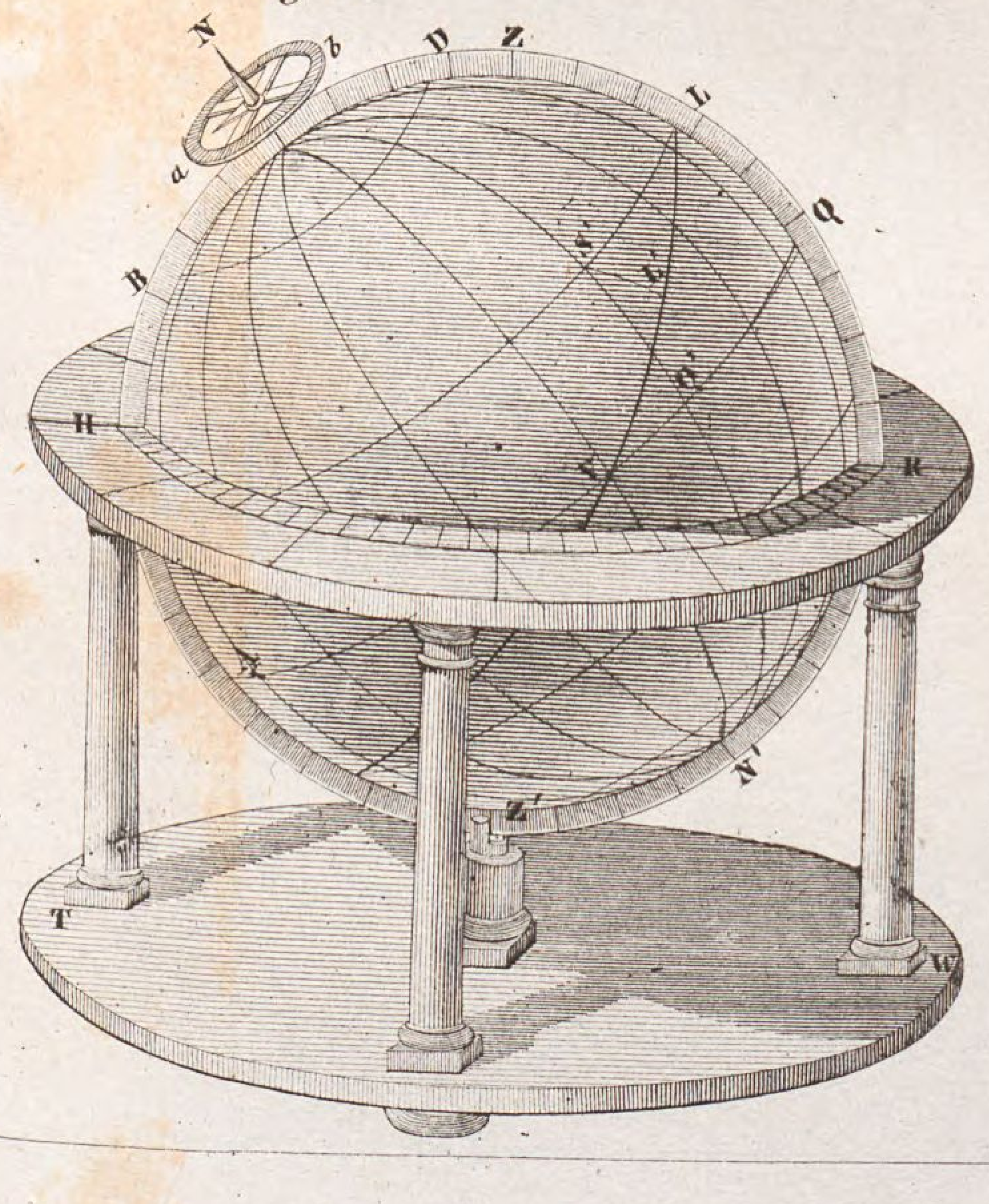


Fig. 5.

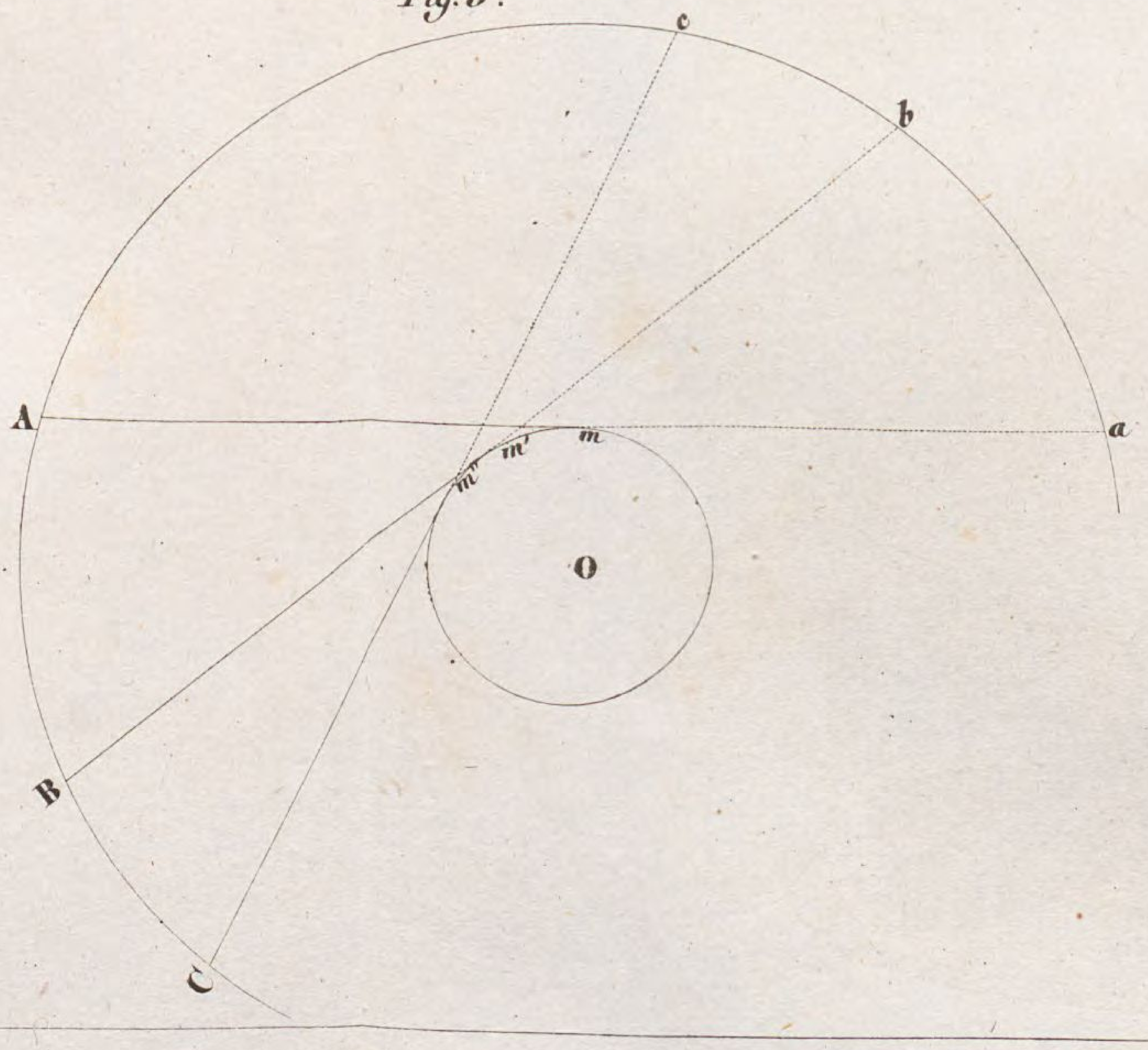


Fig. 7.

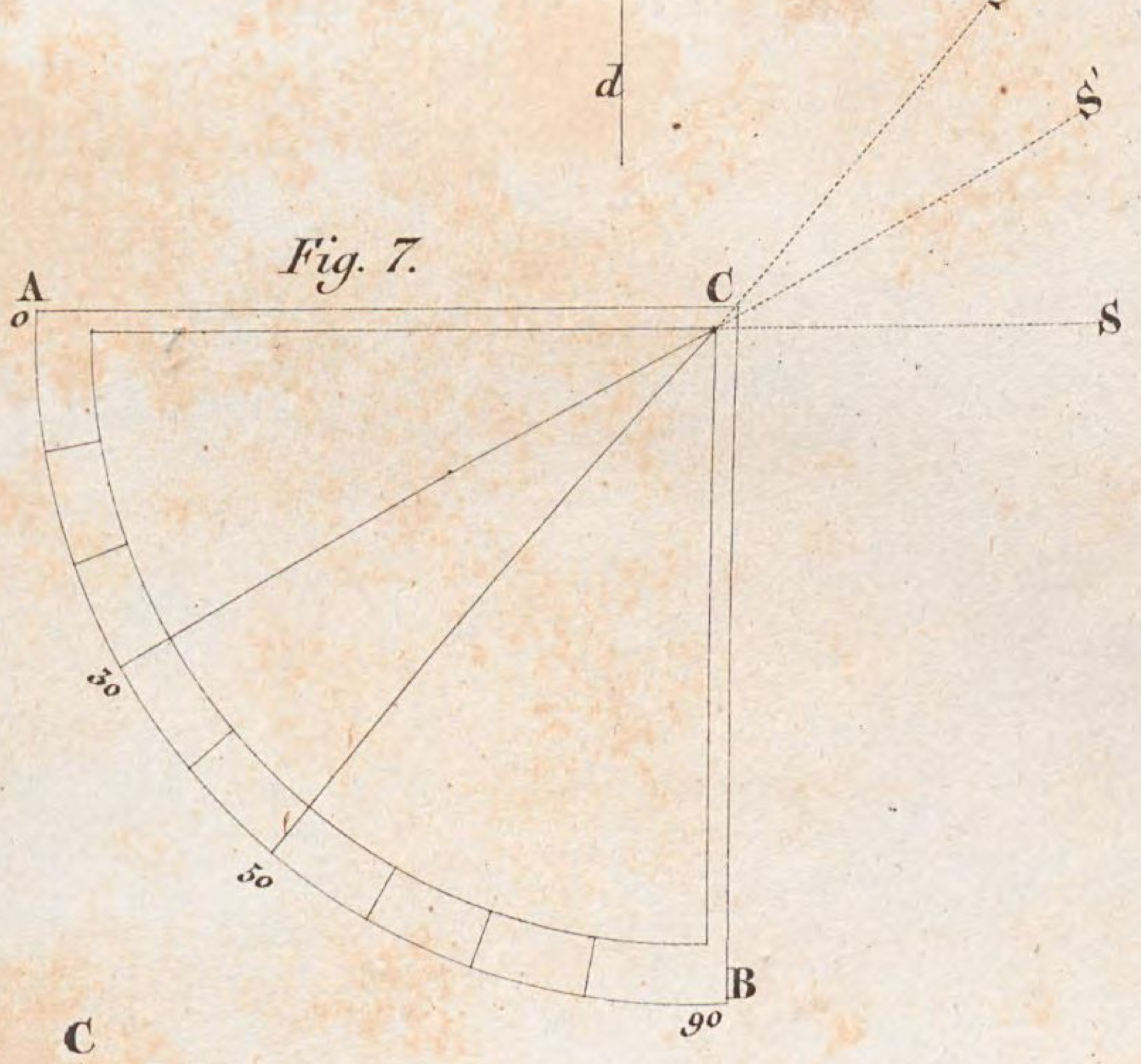


Fig. 6.

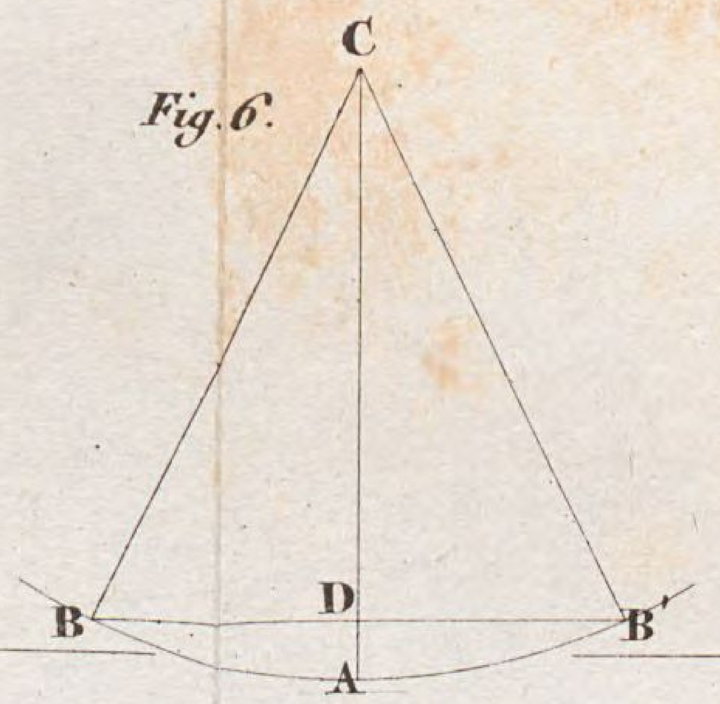


Fig. 8.

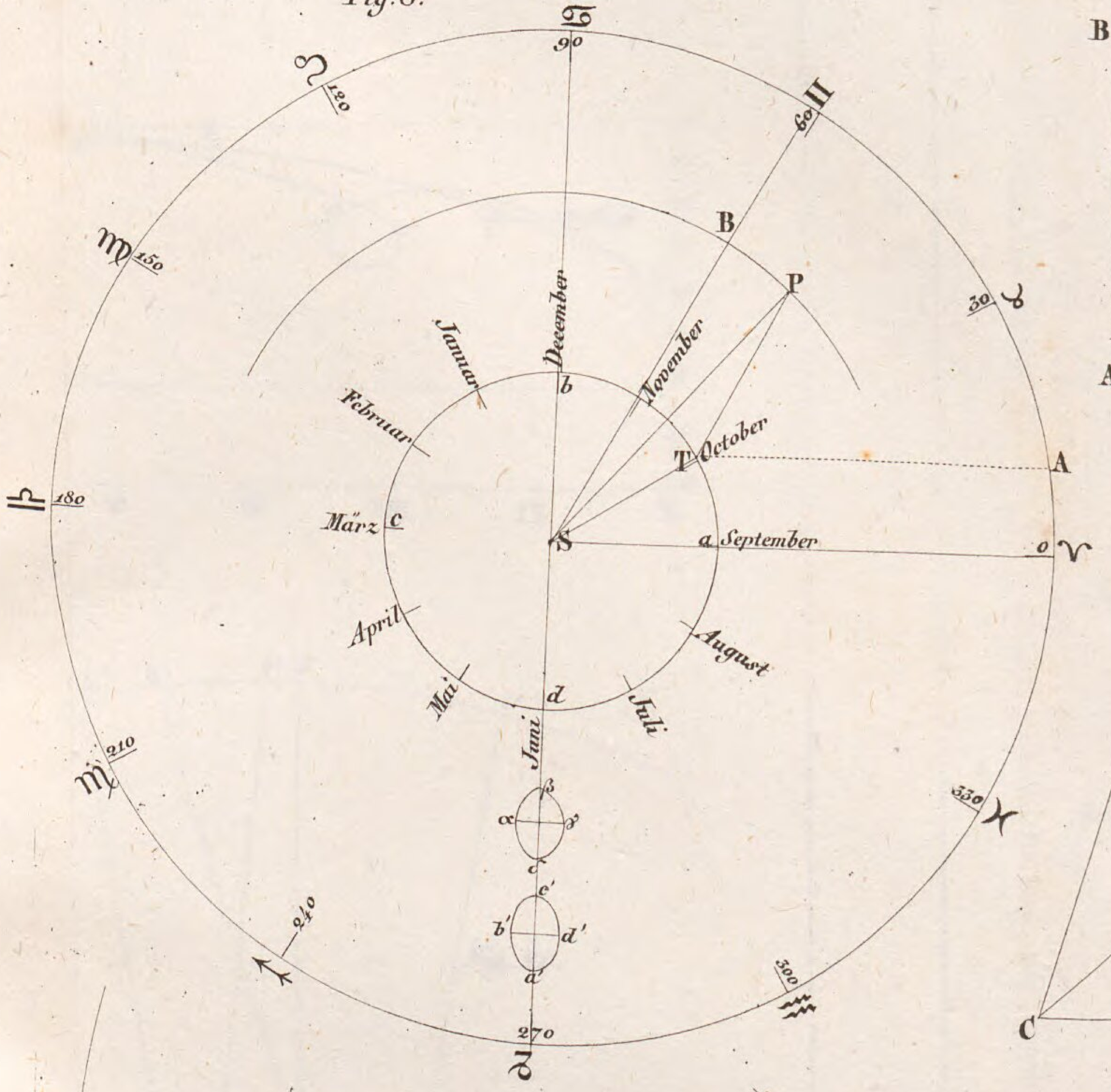


Fig. 9.

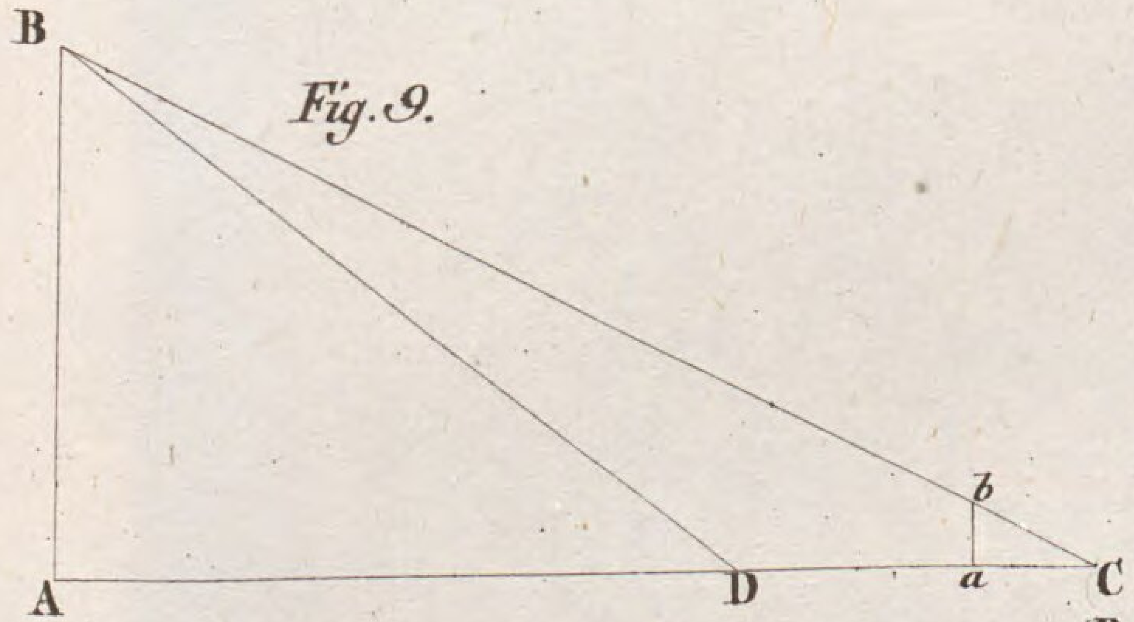


Fig. 10.

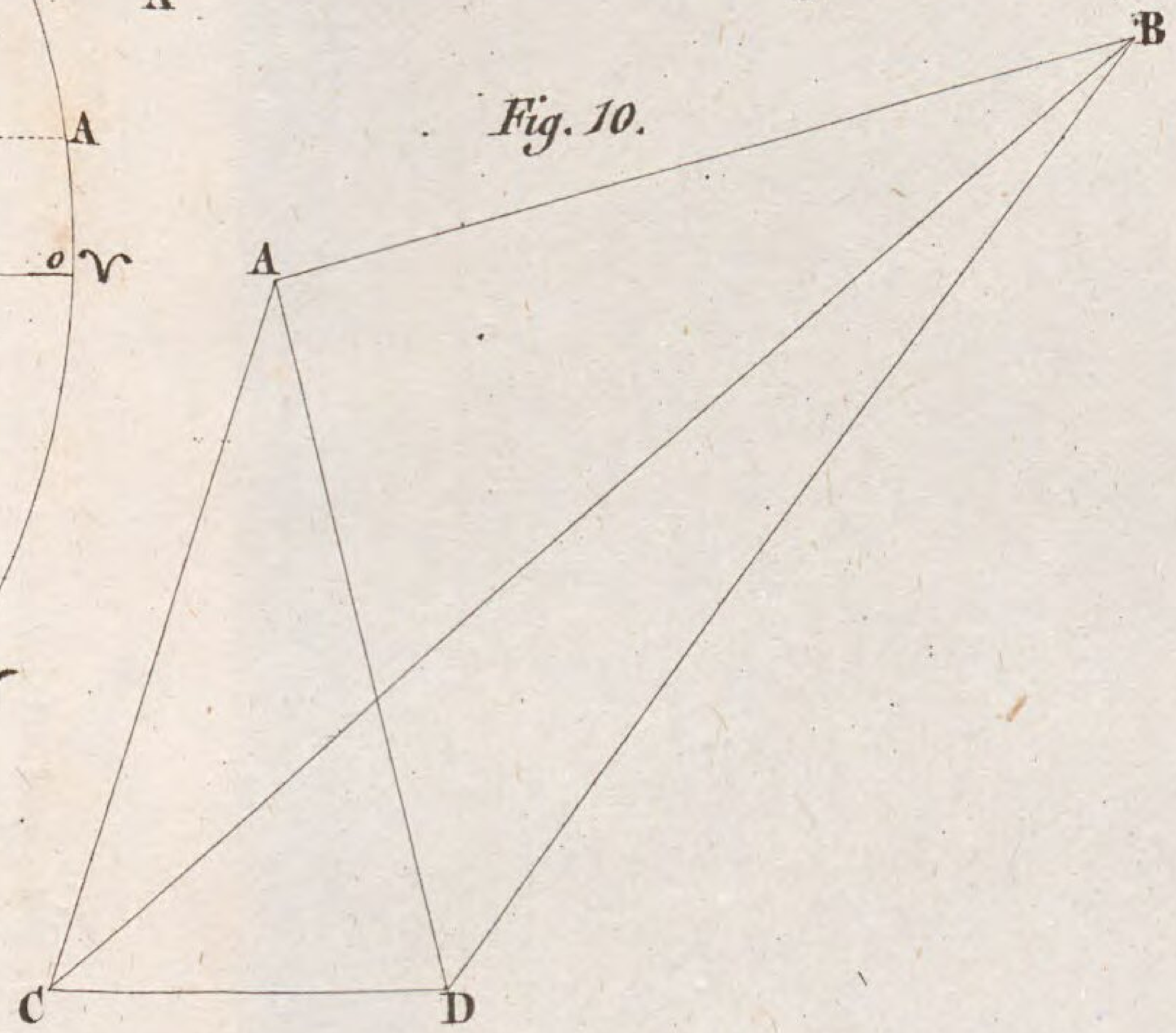


Fig. 11.

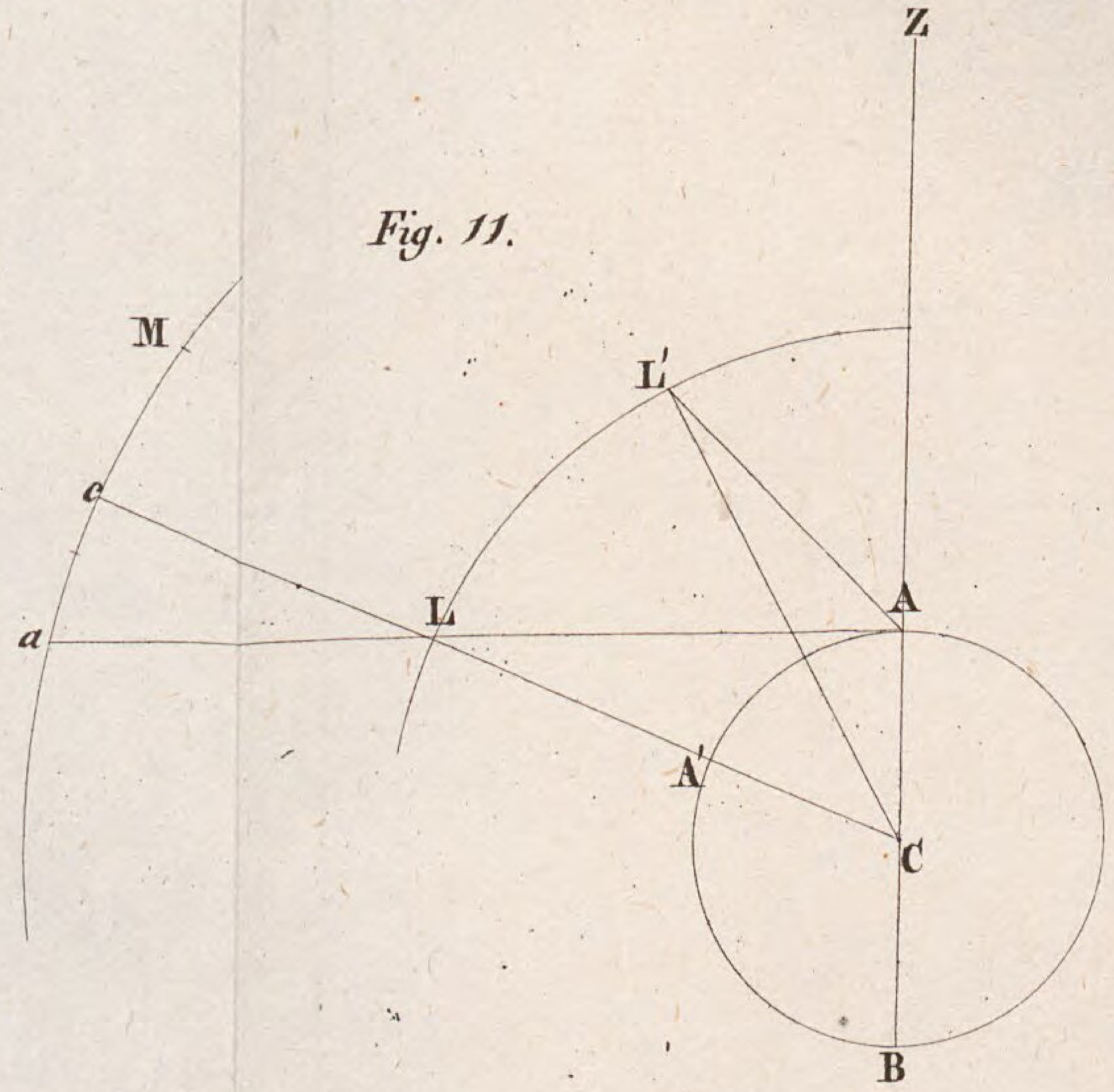


Fig. 12.

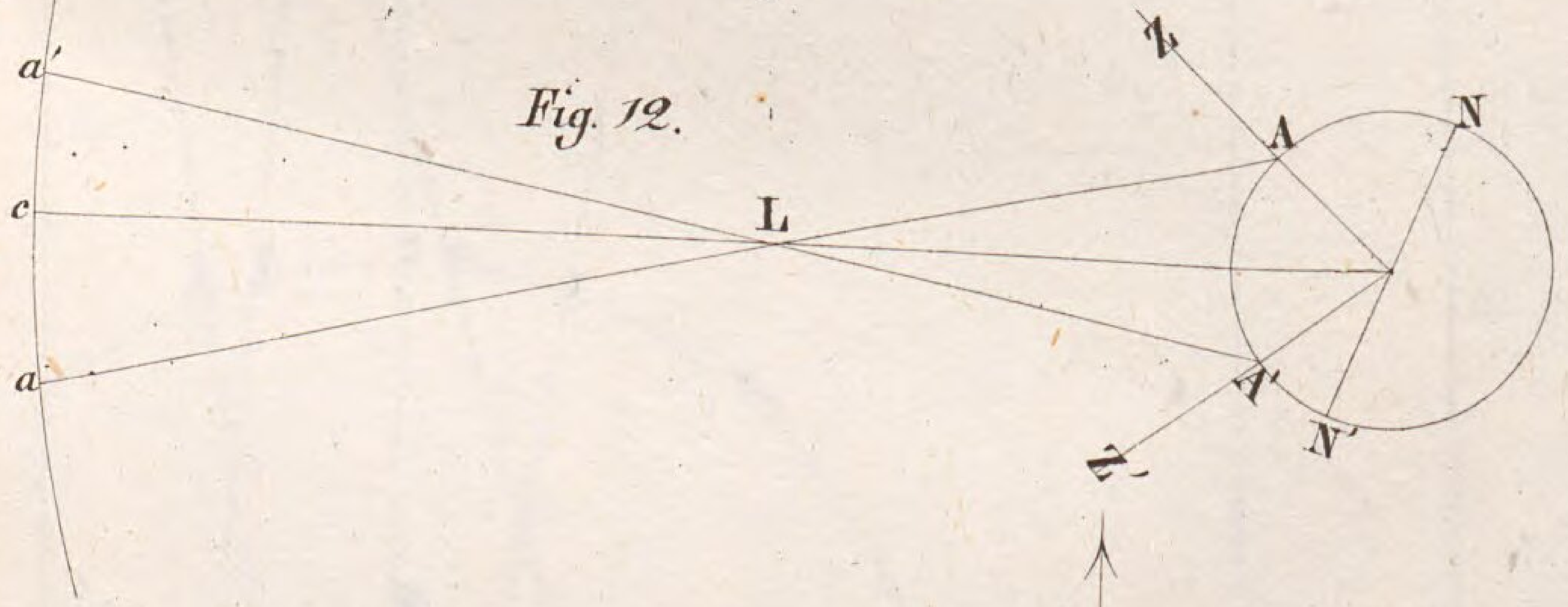


Fig. 13.

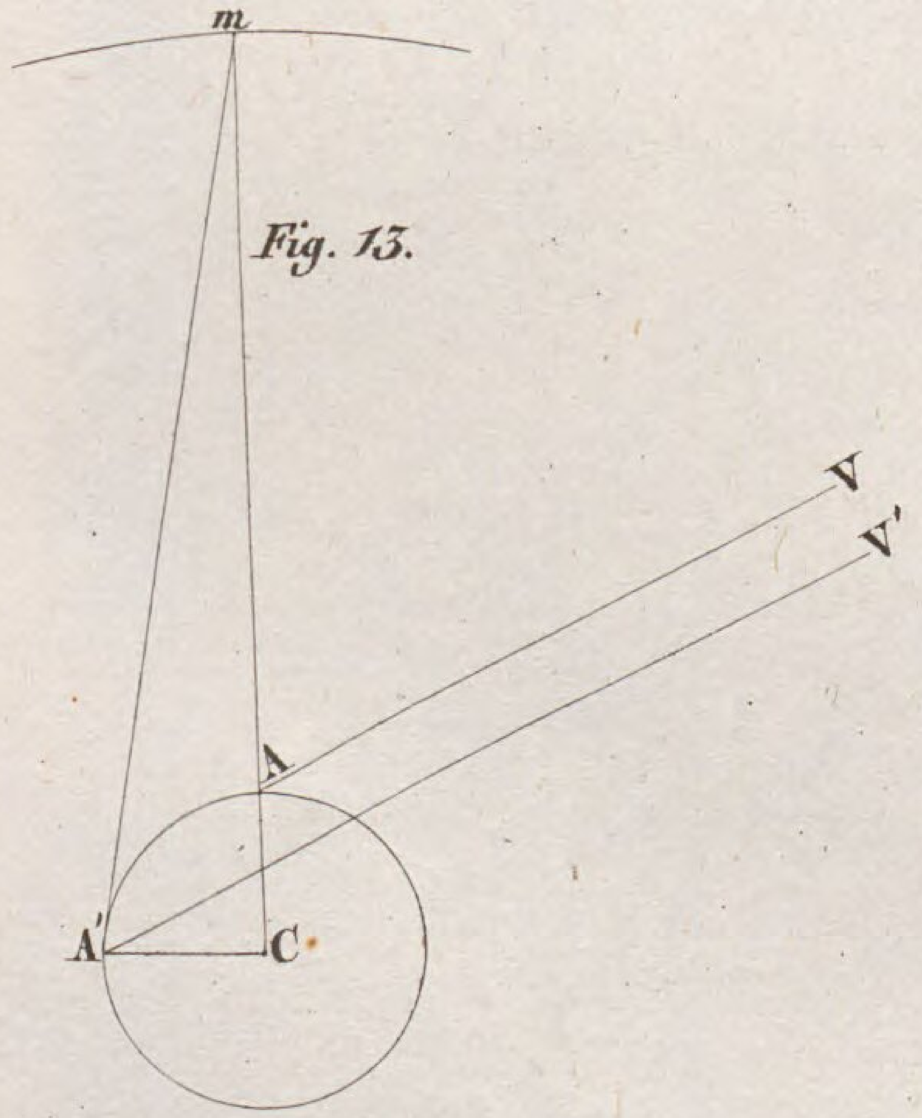


Fig. 14.

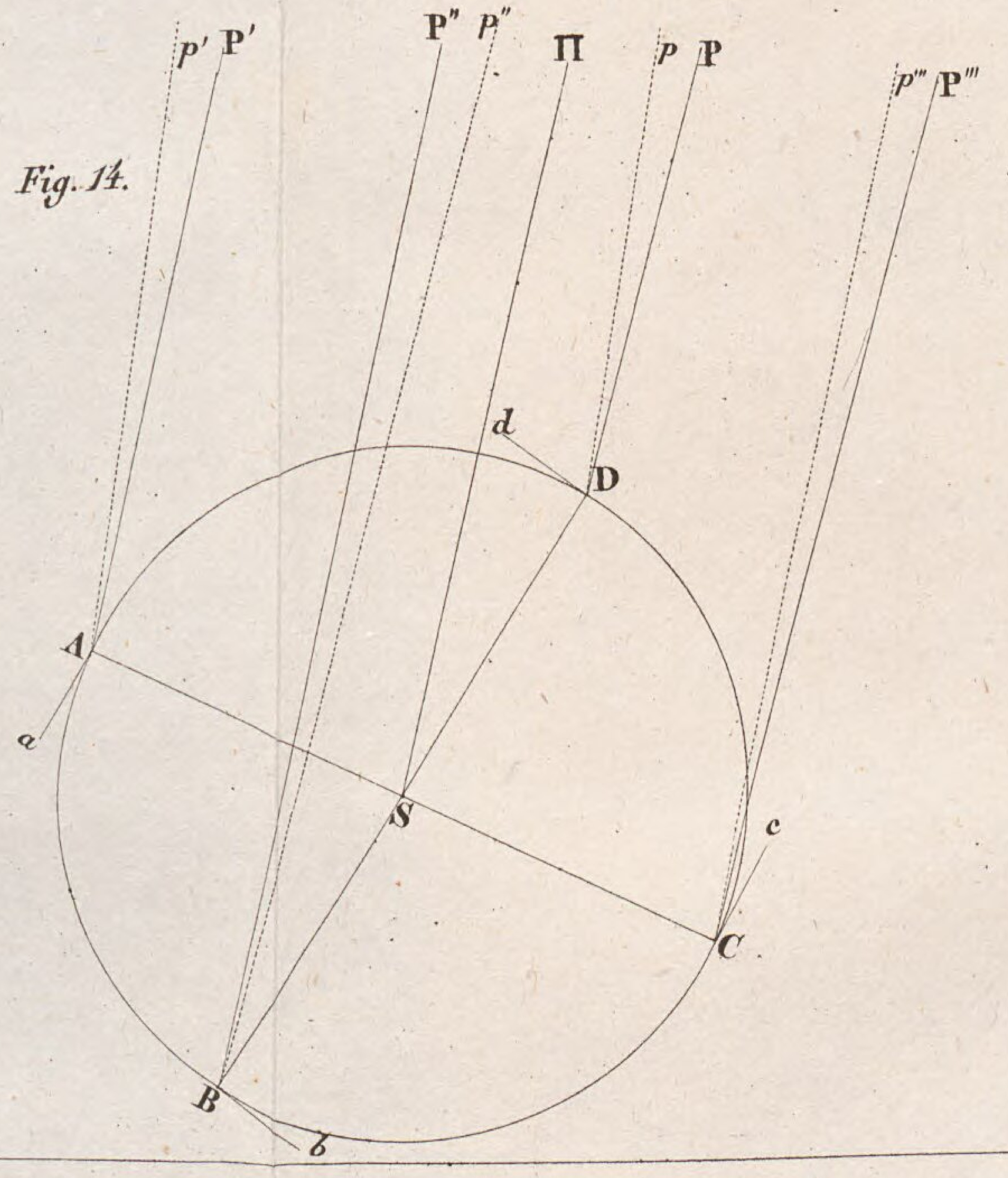


Fig. 15.

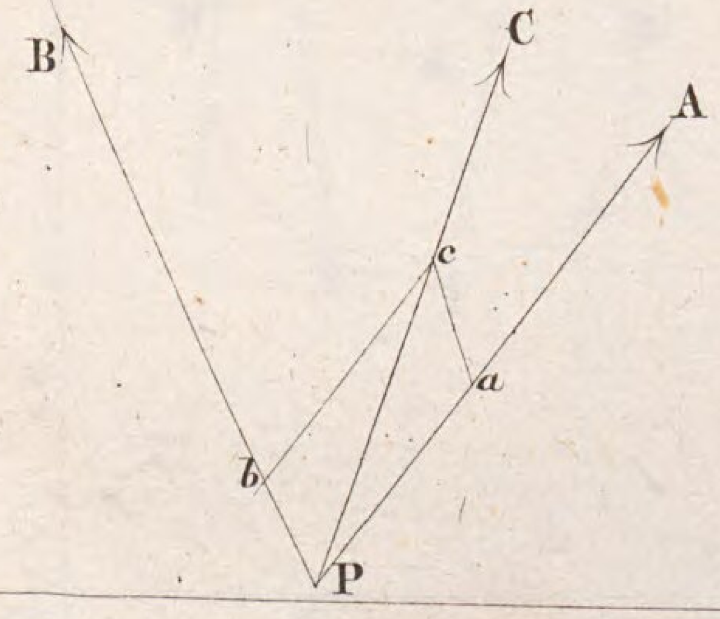


Fig. 16.

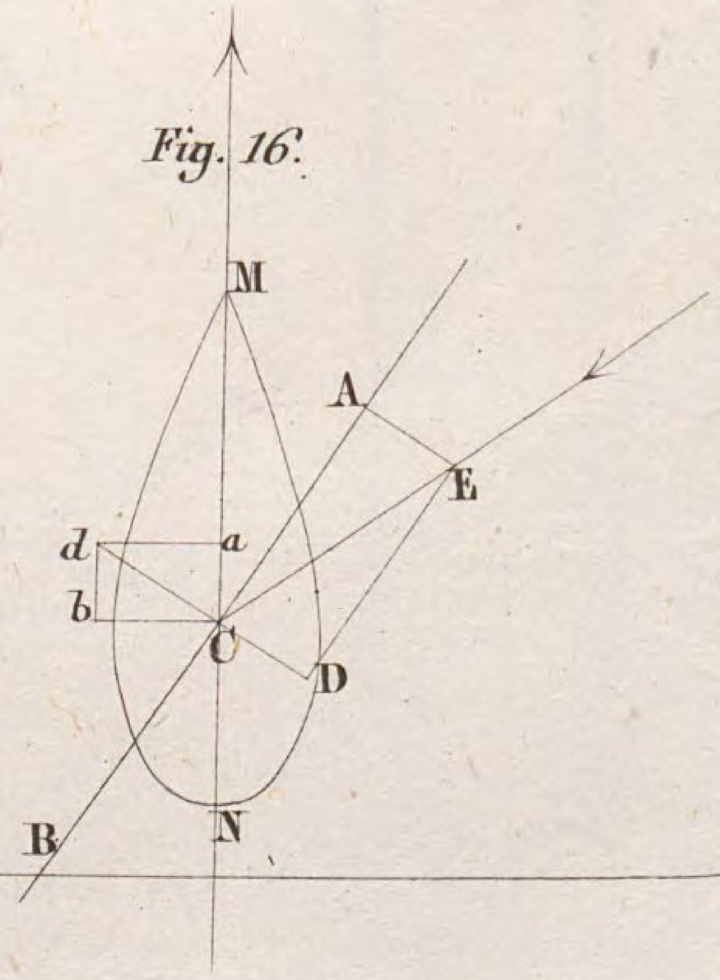


Fig. 17.

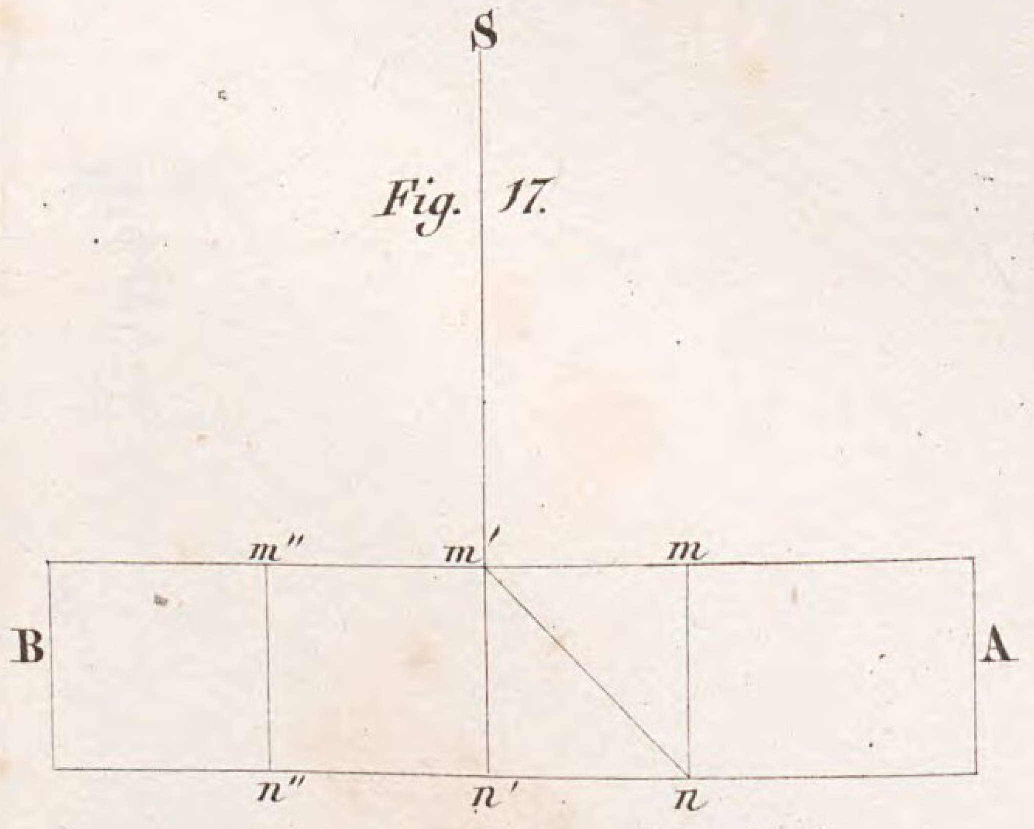


Fig. 18.

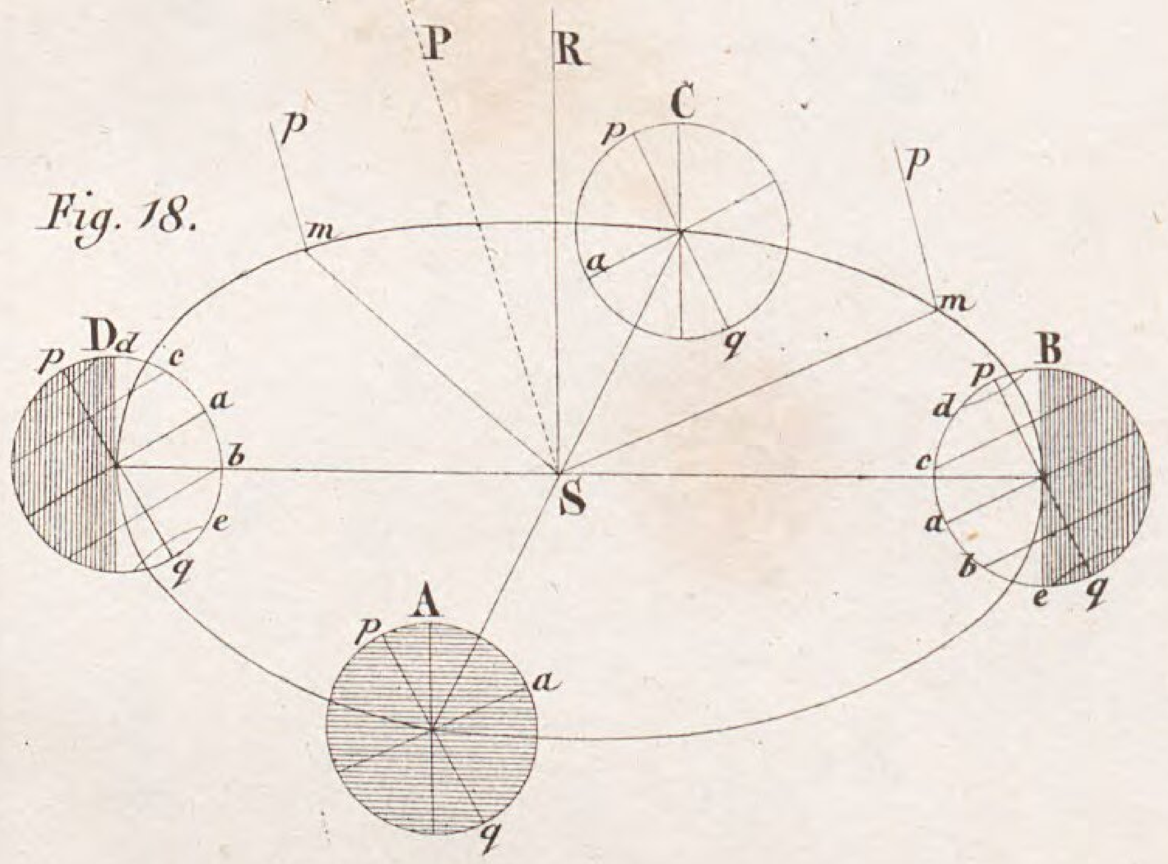


Fig. 18. A.

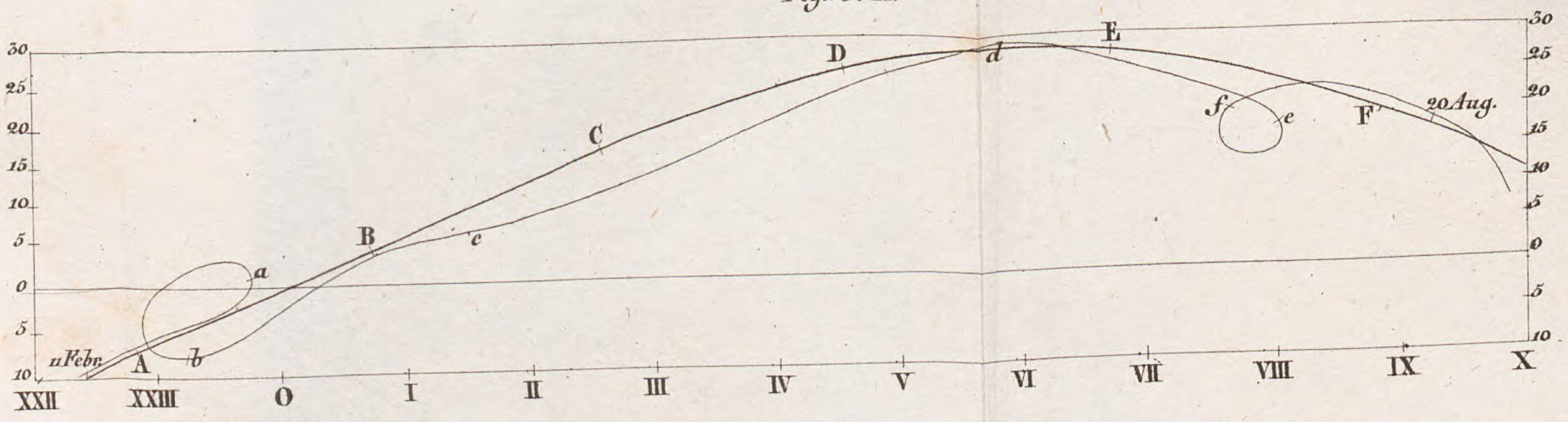


Fig. 19

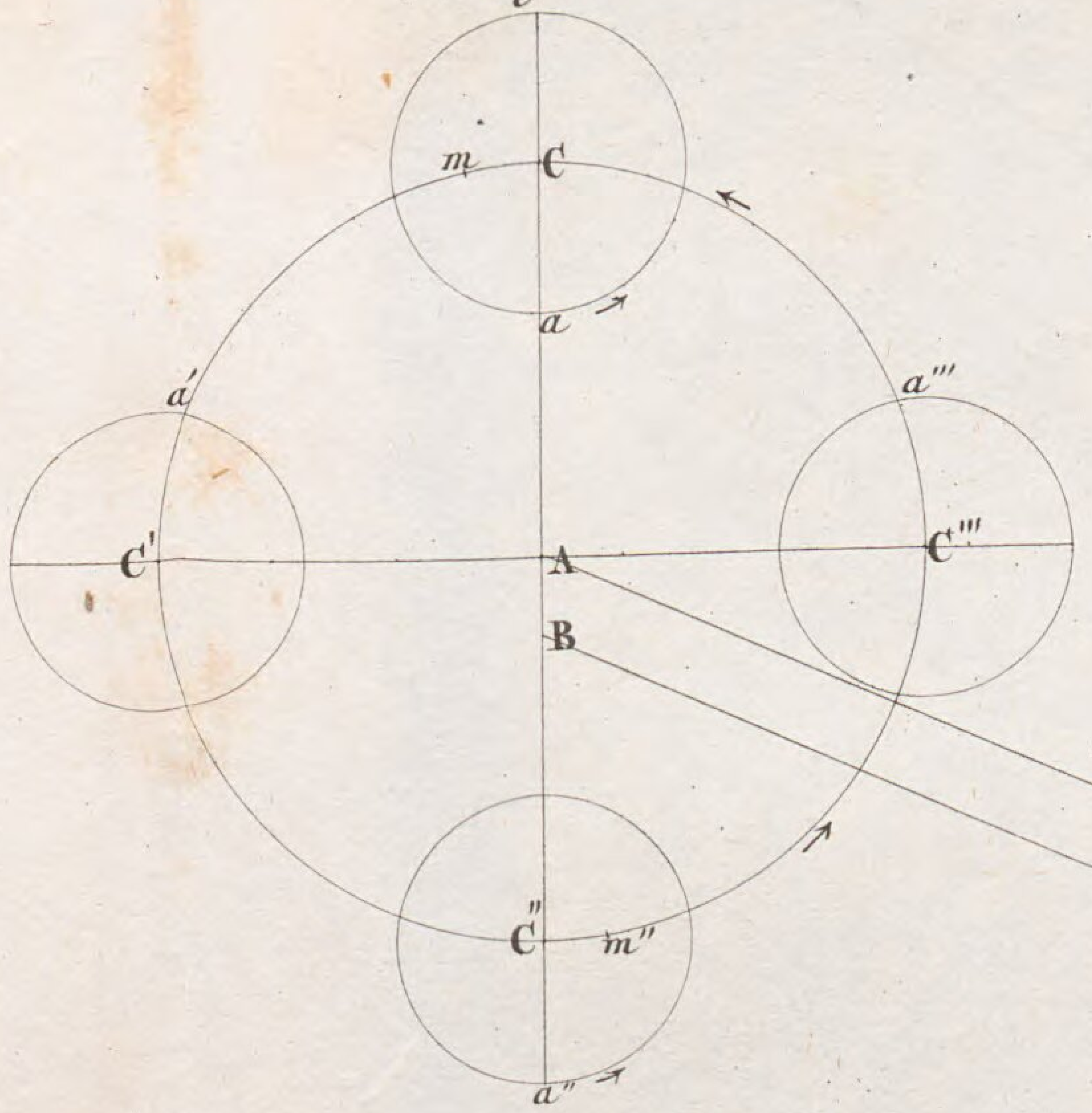


Fig. 20.

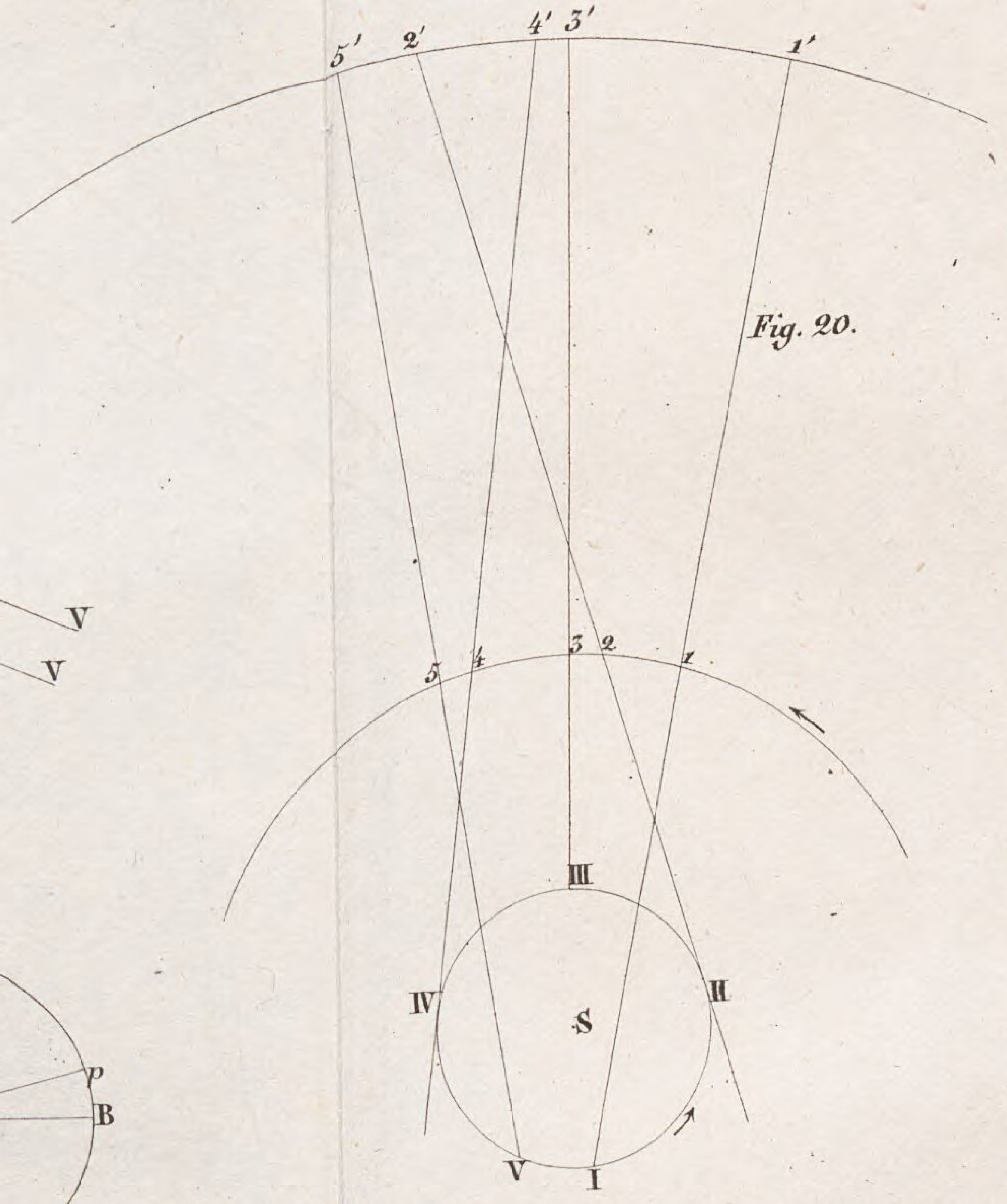


Fig. 21.

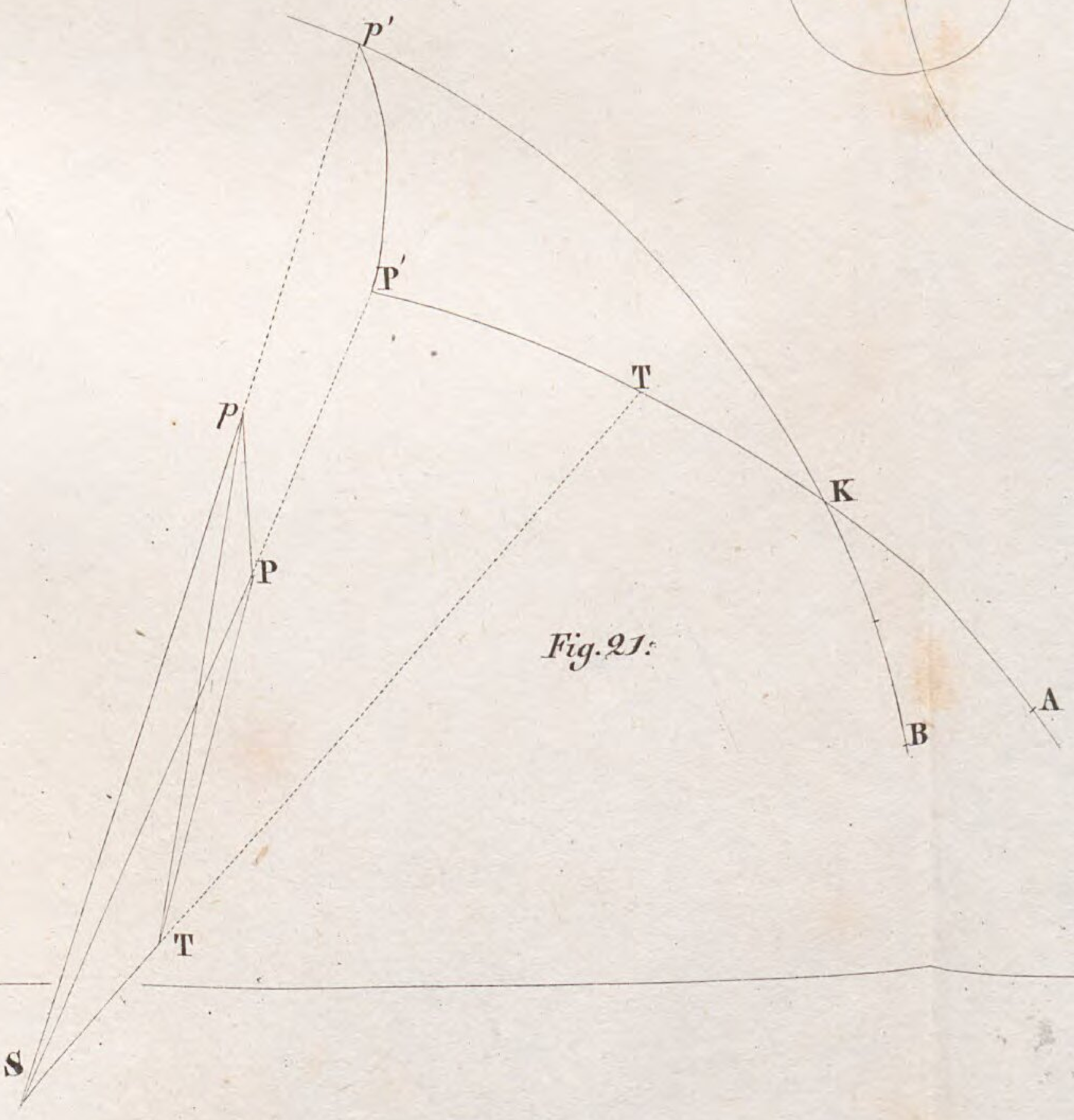


Fig. 22.

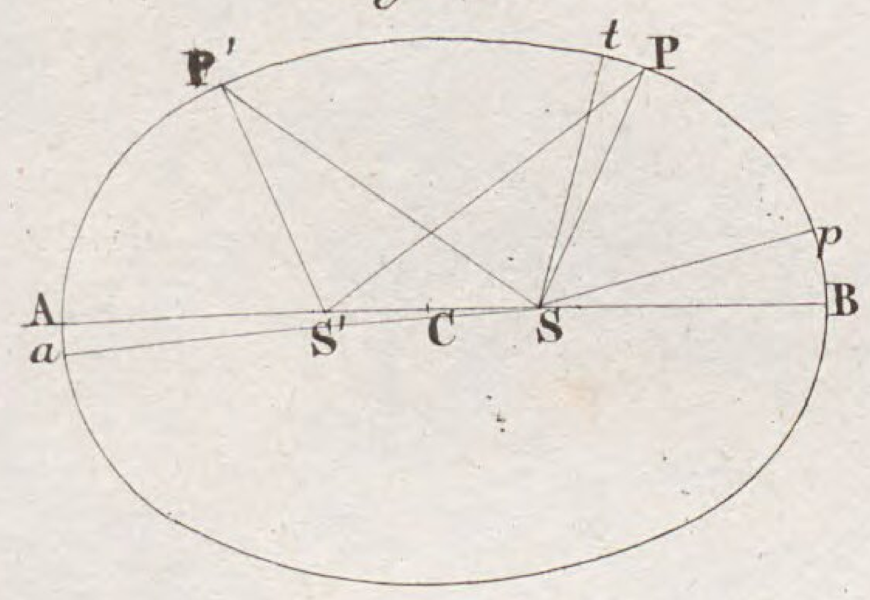


Fig. 23.

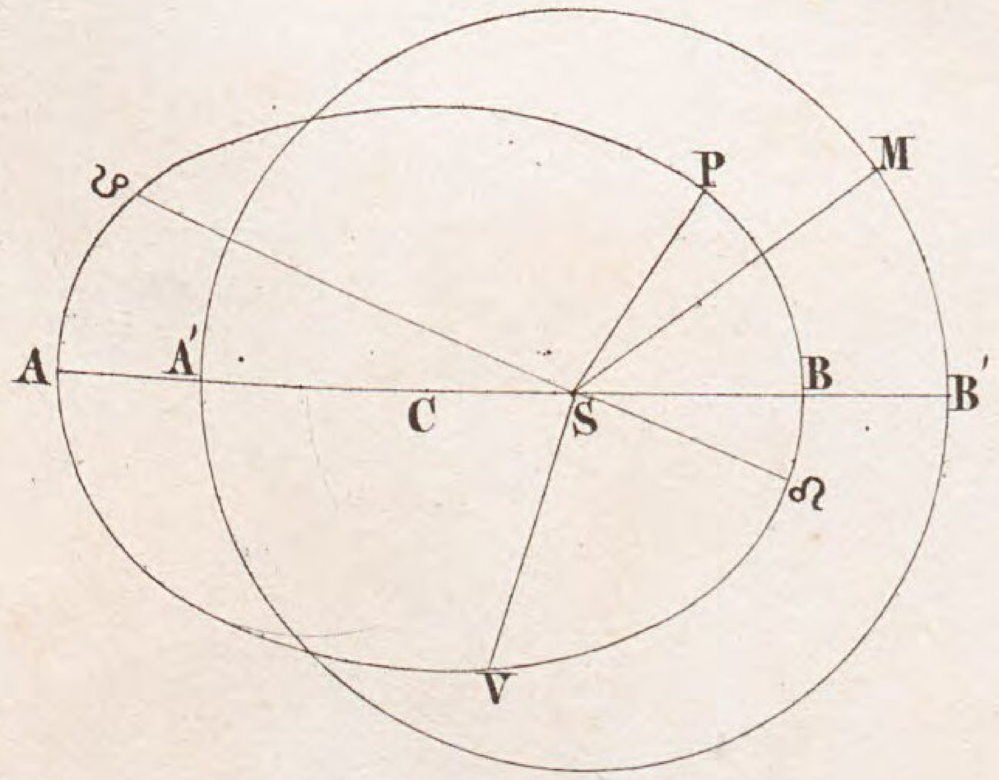


Fig. 24.

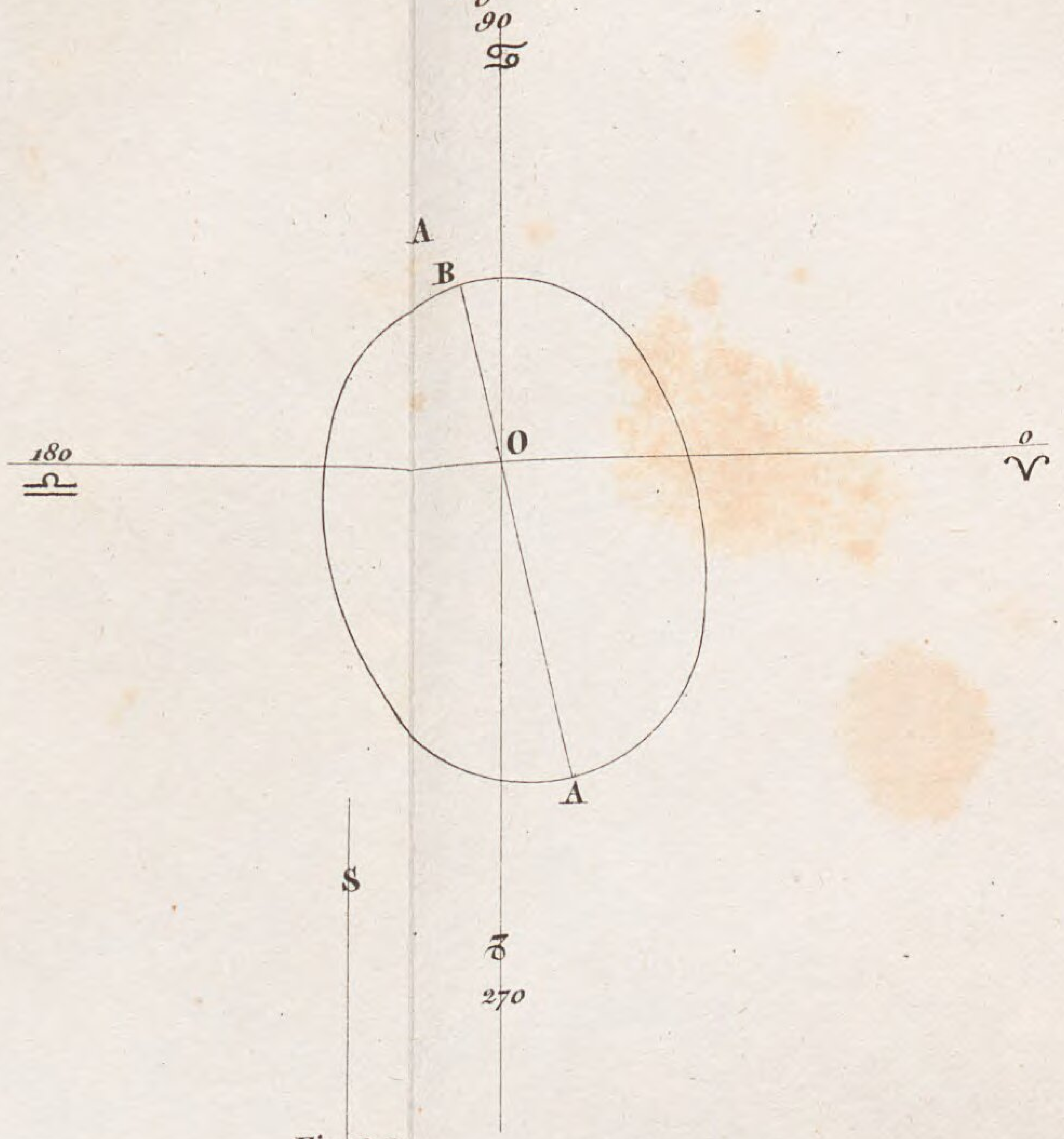


Fig. 25.

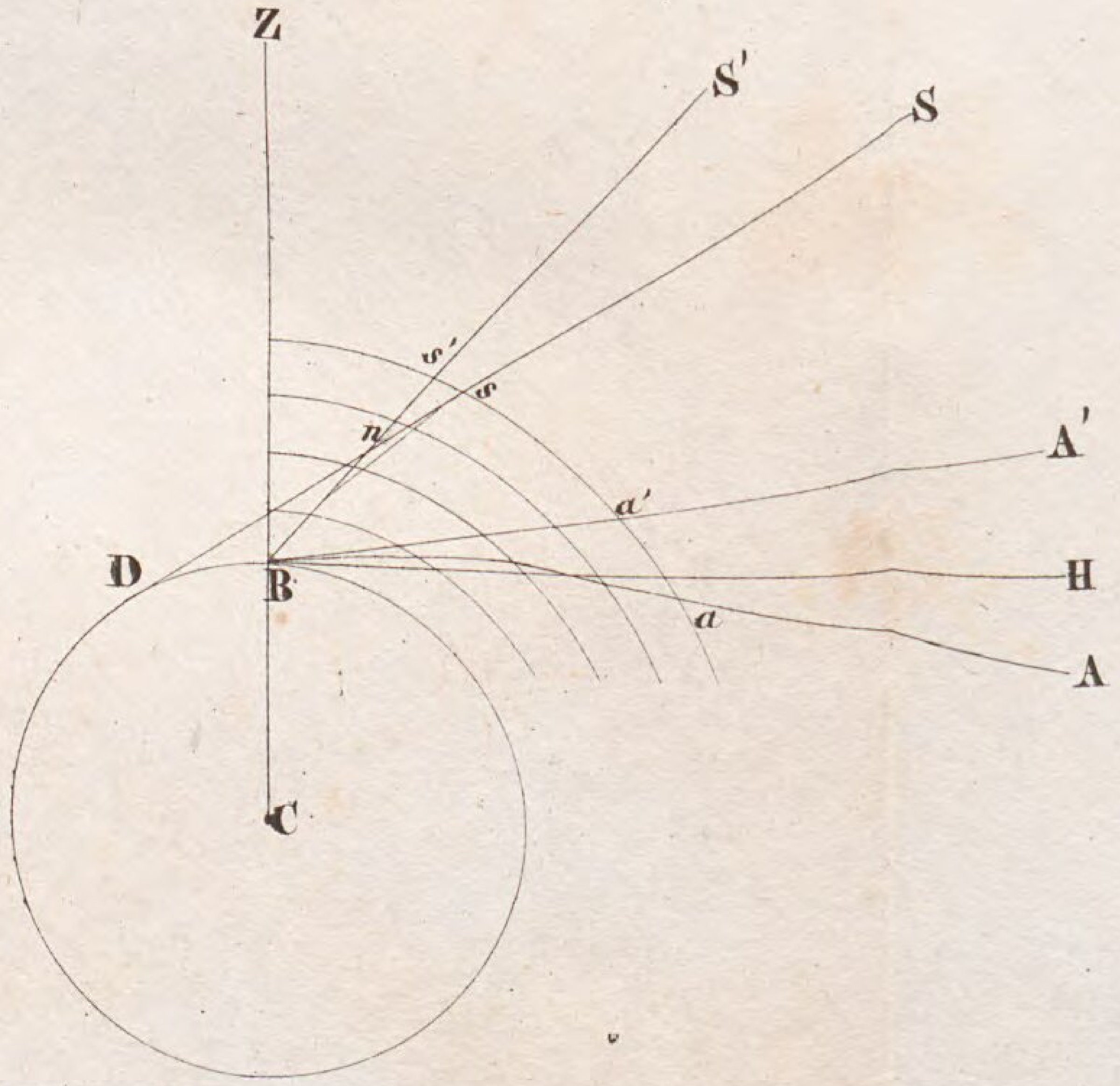
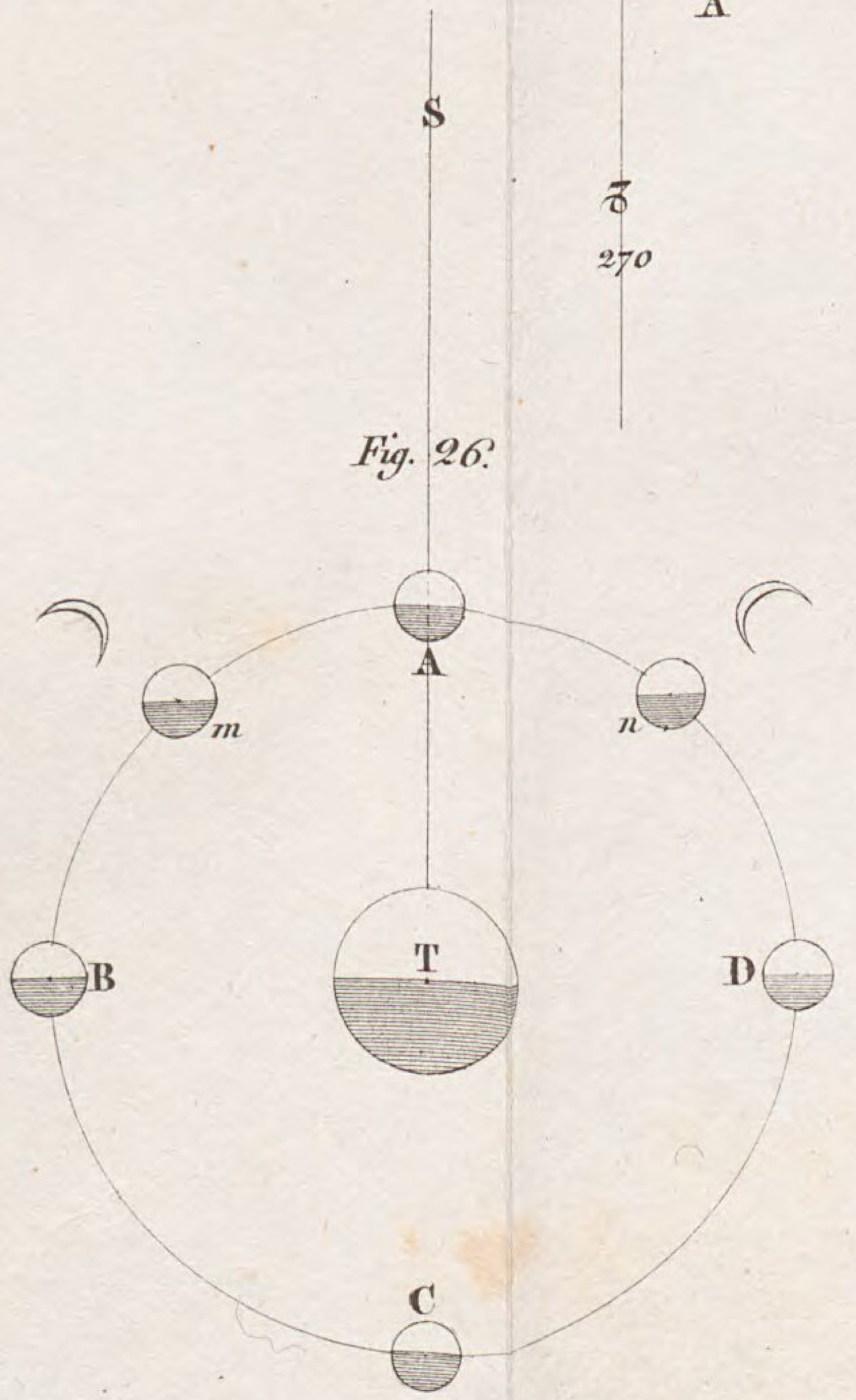


Fig. 26.



Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Littrow, Joseph Johann <<von>>, / Kriehuber, Josef / Pinhas, Hermann Hirsch,

Die Wunder des Himmels, oder gemeinfaßliche Darstellung des Weltsystems drei Bände ; mit dem Bildnisse des Verfassers und astronomischen Tafeln

Bd.: 1

Stuttgart 1834

Astr.u. 310 i-1/4
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10998916-7